MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA-R) PARA EL PROYECTO DENOMINADO:

"Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500"

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO I

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

SICT (SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE)

ATTRAPI
(AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO)





INDICE

CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 9

I.1. NOMBRE DEL PROYECTO 9

I.2. DURACIÓN DEL PROYECTO 9

I.3. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE 9

I.3.1. Nombre o razón social 9

I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes (CURP) del promovente 9

I.3.3. Nombre y cargo del representante legal 9

I.3.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 10

I.4. DATOS DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO 10

I.4.1. Nombre o razón social 10

I.4.2. Registro Federal de Contribuyentes (CURP) del responsable del estudio 10

I.4.3. Nombre del responsable técnico del estudio 10

I.4.4. Dirección del responsable técnico del estudio 10

I.4.5. Participantes de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental 11

I.4.6. Anexos de la Manifestación de Impacto Ambiental 11

I.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 12

I.5.1. Descripción general del proyecto 12

I.5.1.1. Justificación y objetivos del proyecto 13

I.5.2. Ubicación del Área del Proyecto (AP) 14

I.5.3. Superficie solicitada para el Área del Proyecto (AP) 15

I.5.4. Usos de suelo y vegetación dentro del Área del Proyecto (AP) 19

I.5.5. Corrientes y cuerpos de agua superficiales consideradas como zonas federales 20

I.5.6. Inversión requerida 25

I.6. SUPERFICIES Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 26

I.6.1. Vía férrea 26

I.6.2. Terraplén 44

I.6.3. Cortes 47

CONSULTA PÚBLICA





I.6.4. Tierra armada 50
I.6.5. Viaductos 50
I.6.6. Patios 51
I.6.7. Pasos superiores e inferiores ferroviarios 52
I.6.8. Obras de Drenaje Transversal (ODT) 66
I.6.9. Obras de Drenaje Longitudinal (ODL) 80
I.6.10. Estaciones de pasajeros 82
I.6.11. Base de mantenimiento 93
I.6.12. Puentes 94
I.6.12.1. Puente Río Santiago (Pk 242+480 - 242+990) 94
I.6.13. Bancos de materiales y bancos de tiro 97
I.7. CRONOGRAMA DE TRABAJO, Y DE LA EJECUCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO 99
I.8. ETAPAS DEL PROYECTO 101
I.8.1. Etapa de preparación del sitio 101
I.8.2. Etapa de construcción 112
I.8.3. Etapa de operación y mantenimiento 151
a) Identificación por etapas del proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero 158
b) Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de vapor de agua, CO2, CH4, N2O, CFC, O3, entre otros 158
I.9. BIBLIOGRAFÍA 160

INDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Características generales del proyecto. Elaboración propia. 13
Tabla I.2. Superficie de incidencia del proyecto por municipio. 15
Tabla I.3. Comparativo de superficie del derecho de vía (DDV) según metodología de cálculo. 16
Tabla I.4. Secciones del trazo para la gestión ambiental del proyecto. Elaboración propia. 17
Tabla I.5. Polígonos forestales sujetos a CUSTF, por uso de suelo y vegetación. Elaboración propia 19
Tabla I.6. Polígonos forestales sujetos a CUSTF, por tipo de vegetación forestal de referencia. Elaboración propia 20

CONSULTA PÚBLICA





Tabla I.7. Cauces federales identificados en el Área del Proyecto, por solución de cruce. Elaboración propia. 21
Tabla I.8. Identificación y localización de los cauces federales en el trazo del proyecto. Elaboración propia. 22
Tabla I.9. Catálogo de inversión (CAPEX) del proyecto por concepto de obra. Elaboración propia. 25
Tabla I.10. Tabla de cadenamientos del Área del Proyecto (AP). Proyectar en EPSG:6372, México ITRF2008. Elaboración propia. 27
Tabla I.11. Clasificación cronológica por cadenamiento de las soluciones constructivas de la plataforma ferroviaria, Pk 0+000 a 245+500. Elaboración propia. 38
Tabla I.12. Cadenamiento de los tramos con solución constructiva en terraplén, Pk 0+000 a 245+500. 44
Tabla I.13. Cadenamiento de los tramos con solución constructiva en corte, Pk 0+000 a 245+500. Elaboración propia. 47
Tabla I.14. Cortes de importancia (≥15 m) identificados en el trazo. Elaboración propia. 49
Tabla I.15. Cadenamiento de los tramos con solución constructiva en tierra armada, Pk 0+000 a 245+500. 50
Tabla I.16. Viaductos identificados, con su cadenamiento y longitud. 51
Tabla I.17. Cadenamiento de los tramos con emplazamiento y convivencia con el patio ferroviario Ferromex Irapuato. 52
Tabla I.18. Inventario de pasos superiores e inferiores ferroviarios y ganaderos propuestos. 63
Tabla I.19. Inventario de pasos inferiores peatonales propuestos. 65
Tabla I.20. Obras de Drenaje Transversal (ODT) y puentes identificados, por tipología y zona UTM de origen. Elaboración propia. 73
Tabla I.21. Listado de ubicación y propuesta de dimensiones de Obras de Drenaje Transversal (ODT). Elaboración propia. 74
Tabla I.22. Ubicación de las Obras de Drenaje Longitudinal (ODL). Elaboración propia. 82
Tabla I.23. Estaciones y paraderos identificados, con su superficie. Elaboración propia. 82
Tabla I.24. Bancos de materiales identificados para el proyecto. Elaboración propia. 97
Tabla I.25. Bancos de tiro identificados para el proyecto. Elaboración propia. 98
Tabla I.26. **Programa de ejecución de las obras del proyecto. Elaboración propia.** 100
Tabla I.27. Tolerancias permisibles en la cama de balasto (valores de referencia, sujetos a confirmación en el proyecto ejecutivo). Elaboración propia. 128
Tabla I.28. Tolerancias permisibles en durmientes y vía en escalera (valores de referencia). Elaboración propia. 129
Tabla I.29. Plan de levantes propuesto (valores de referencia, sujetos al proyecto ejecutivo). Elaboración propia. 130
Tabla I.30. Tolerancias (en mm) de los diferentes estados de vía (valores de referencia, sujetos al proyecto ejecutivo). Elaboración propia. 130
Tabla I.31. Maquinaria para terracerías. Elaboración propia. 148
Tabla I.32. Maquinaria para drenaje. Elaboración propia. 148
Tabla I.33. Maquinaria para estructuras. Elaboración propia. 148
Tabla I.34. Maquinaria para construcción de vía. Elaboración propia. 148

CONSULTA PÚBLICA





Tabla I.35. Maquinaria para señalización y telecomunicaciones. Elaboración propia.....148
Tabla I.36. Maquinaria para obras complementarias. Elaboración propia.....149
Tabla I.37. Maquinaria para electrificación. Elaboración propia.....149
Tabla I.38. Total de maquinaria necesario. Elaboración propia.....149
Tabla I.39 Personal para terracerías. Elaboración propia.....149
Tabla I.40. Personal para drenaje. Elaboración propia.....149
Tabla I.41. Personal para estructuras. Elaboración propia.....150
Tabla I.42. Personal para construcción de vía. Elaboración propia.....150
Tabla I.43 Personal para obras complementarias. Elaboración propia.....150
Tabla I.44. Personal para señalización y telecomunicaciones. Elaboración propia.....150
Tabla I.45. Personal para electrificación. Elaboración propia.....150
Tabla I.46. Personal indirecto. Elaboración propia.....151
Tabla I.47. Total de personal requerido. Elaboración propia.....151
Tabla I.48. Puesto y cantidades del personal requerido. Elaboración propia.....152
Tabla I.49. Estimación por cambio de uso de suelo. Elaboración propia.....159
Tabla I.50. Emisiones estimadas. Elaboración propia.....159

INDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Ubicación del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.....15
Figura I.2. Representación gráfica del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.....17
Figura I.3. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo E. Elaboración propia.....53
Figura I.4. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo D. Elaboración propia.....54
Figura I.5. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo C. Elaboración propia.....55
Figura I.6. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo B. Elaboración propia.....56
Figura I.7. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo A. Elaboración propia.....57
Figura I.8. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo ET. Elaboración propia.....58
Figura I.9. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de vialidad primaria. Elaboración propia.....59
Figura I.10. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de vialidad secundaria. Elaboración propia.....60
Figura I.11. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de vialidad terciaria. Elaboración propia.....61
Figura I.12. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de pasos a desnivel. Elaboración propia.....62

CONSULTA PÚBLICA





Figura I.13. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de pasos peatonales. Elaboración propia. 63
Figura I.14. Plano tipo de ODT de un tubo de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia. 69
Figura I.15. Plano tipo de ODT de dos tubos de concreto prefabricado con aleros, muro cabecero y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia. 70
Figura I.16. Plano tipo de ODT de un cajón de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia. 71
Figura I.17. Plano tipo de ODT de dos cajones de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia. 72
Figura I.18. Plano tipo de ODT de tres cajones de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia. 73
Figura I.19. Sección de cuneta tipo 1. Elaboración propia. 81
Figura I.20. Sección de contracuneta. Elaboración propia. 81
Figura I.21. Esquema de construcción de estación Silao Elaboración propia. 84
Figura I.22. Diseño estación Aeropuerto Internacional de Guanajuato. Elaboración propia 85
Figura I.23. Plano de diseño estación León. Elaboración propia. 86
Figura I.24. Diseño de la estación San Francisco del Rincón. Elaboración propia 87
Figura I.25. Diseño estación Capilla de Guadalupe. Elaboración propia. 88
Figura I.26. Diseño de Estación Tepatitlán. Elaboración propia 89
Figura I.27. Diseño de estación Zapotlanejo. Elaboración propia 90
Figura 28. Esquema de construcción de Puente Río Santiago 97
Figura I.29. Ejecución de estudios de geología. Imagen ilustrativa. 101
Figura I.30. Acciones de rescate de flora silvestre. Imagen ilustrativa 103
Figura I.31. Transporte de la planta rescatada a vivero forestal temporal. Imagen ilustrativa. 103
Figura I.32. Actividades dentro del vivero forestal temporal. Imagen ilustrativa. 103
Figura I.33. Rescate activo de fauna silvestre (1). Imagen ilustrativa. 104
Figura I.34. Rescate activo de fauna silvestre (2). Imagen ilustrativa. 104
Figura I.35. Colocación de trampas Tomahawk y captura de fauna silvestre. Imagen ilustrativa. 105
Figura I.36. Liberación de fauna silvestre en sitios de reubicación y liberación. Imagen ilustrativa. 105
Figura I.37. Colocación de sanitarios portátiles en los frentes de trabajo. Imagen ilustrativa. 106
Figura I.38. Almacen y contenedores para los residuos. Imagen ilustrativa. 107
Figura I.39. Delimitación de las superficies para el desmonte. Imagen ilustrativa. 108
Figura I.40. Marcaje de individuos para desmonte, y desmonte progresivo y direccionado. Imagen ilustrativa. 108
Figura I.41. Troceo y trituración del material derribado. Imagen ilustrativa. 109
Figura I.42. Trituración del material y su utilización para arrope de taludes. Imagen ilustrativa. 110

CONSULTA PÚBLICA





Figura I.43. Perfil de base de terraplén. Si la pendiente del terreno es mayor a 25% se hará el escalón de liga. Elaboración propia. 122
Figura I.44. Imagen representativa de base de terraplén. Elaboración propia. 122
Figura I.45. Relleno de oquedades, imagen representativa. Elaboración propia. 123
Figura I.46. Corte y terraplén, imagen representativa. Elaboración propia. 123
Figura I.47. Conformación de terraplén, imagen representativa. Elaboración propia. 124
Figura I.48. Perfil lateral de terraplén, imagen representativa. Elaboración propia. 124
Figura I.49. Conformación de terraplén, vista en planta, imagen representativa. Elaboración propia 125
Figura I.50. Conformación de terraplén, corte longitudinal, imagen representativa. Elaboración propia 125
Figura I.51. Construcción de subrasante, imagen representativa. Elaboración propia. 126
Figura I.52. Construcción de sub-balasto, imagen representativa. Elaboración propia 126
Figura I.53. Corte longitudinal para conformación de sub-balasto. Opción 1. Elaboración propia. 127
Figura I.54. Corte longitudinal para conformación de sub-balasto. Opción 2. Elaboración propia. 127
Figura I.55. Reparto de rieles y durmientes del Proyecto (1). Elaboración propia. 131
Figura I.56. Reparto de rieles y durmientes del Proyecto (2). Elaboración propia 132

CONSULTA PÚBLICA





ACRÓNIMOS

AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios Estatatles de Carreteras y Transporte.
AMG: Área Metropolitana de Guadalajara.
AP: Área de Proyecto.
ATTRAPI: Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado.
CAPEX: Catálogo de Inversión.
CO_2: Dióxido de Carbono.
CFC: Cloroflourocarbono.
CH_4: Metano.
CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.
FERROEX: Ferrocarril Mexicano.
H: Horizontal.
h: Hora.
ha: Hectárea.
km: kilómetro.
LGDFS: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
MIA-R: Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional.
m: Metro.
m^2. Metro cuadrado.
m^3: Metro cúbico.
mm: Milímetro.
N_2O: Óxido nitroso.
O_3: Ozono.
ODL: Obra de drenaje longitudinal.
ODT: Obra de drenaje transversal.
PF: Polígono forestal.
PK: Cadenamientos.
PIG: Paso inferior ganadero.
PIF: Paso inferior ferroviario.
PIP: Paso inferior peatonal.
PSG: Paso superior ganadero.
PSF: Paso superior ferroviario.
SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SICT: Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.
SIGEIA: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental.
t: Tonelada.
V: Vertical.

CONSULTA PÚBLICA





CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I.1. NOMBRE DEL PROYECTO

Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500.

I.2. DURACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto contempla un periodo de 3 años (36 meses) para su preparación del sitio y construcción, y su vida útil (operación y mantenimiento) de 50 años Ambos periodos son por los que se solicita la Autorización en materia de Impacto Ambiental. El mantenimiento preventivo y correctivo que se realizará en la etapa de operación de acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de infraestructura Comunicaciones y Transportes (SICT) aplicables en la materia, para que durante toda su vida útil se encuentre en las mejores condiciones de operación. Asimismo, se contempla la realización de actividades de "desmantelamiento" de obras provisionales inherentes al Proyecto para desarrollar a bien la etapa constructiva.

I.3. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.3.1. Nombre o razón social

Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado (ATTRAPI) de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes (CURP) del promovente

ART160819T6.

I.3.3. Nombre y cargo del representante legal

Ing. Adrián Tavares Echegaray.

Director de Procesos Administrativos de Construcción.

CONSULTA PÚBLICA



I.3.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Ing. Adrián Tavares Echegaray.

Director de Procesos Administrativos de Construcción.

Biol. Fabiola Atzyri Corella Vázquez.

Subdirectora de Gestión de Obras Inducidas.

Correos:

- adrian.tavares@sict.gob.mx
- fabiola.corella@sict.gob.mx

I.4. DATOS DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

I.4.1. Nombre o razón social

ECOSFERA CONSULTORIA, DESARROLLO Y SUPERVISIÓN AMBIENTAL S.A. de C.V.

I.4.2. Registro Federal de Contribuyentes (CURP) del responsable del estudio

[redacted]

I.4.3. Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

I.4.4. Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

CONSULTA PÚBLICA

I.4.5. Participantes de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

[redacted]

I.4.6. Anexos de la Manifestación de Impacto Ambiental

A continuación, se enlistan los anexos que darán soporte a la información vertida dentro de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) del presente proyecto.

- Anexo I. Cartografía.
- Anexo II. Vectores.
- Anexo III. Vinculación técnico-jurídica.
- Anexo IV. Soporte medio abiótico.
- Anexo V. Soporte biodiversidad.
- Anexo VI. Estudios de factibilidad ambiental.
- Anexo VII. Matriz de impactos ambientales.
- Anexo VIII. Medidas ambientales.
- Anexo IX. Planos y esquemas.
- Anexo X. Autorizaciones de bancos.
- Anexo XI. Corredores biológicos.

CONSULTA

I.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO (AP)

I.5.1. Descripción general del proyecto

El proyecto "Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500" consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una nueva línea férrea destinada al transporte de pasajeros, con una longitud aproximada de 245.5 km y una velocidad máxima de operación de 200 km/h, que conectará la ciudad de Irapuato, en el estado de Guanajuato, con el Área Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco. El Área del Proyecto (AP) tiene una superficie total de 973.9649 ha (9,739,649.58 m²), calculada en QGIS bajo la proyección EPSG:6372 (México ITRF2008), equivalente a 983.4470 ha conforme a la metodología de cálculo del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA), y su trazo incide sobre 12 municipios distribuidos en dos entidades federativas: cinco en el estado de Guanajuato (Irapuato, Silao de la Victoria, León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón) y siete en el estado de Jalisco (San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic, Zapotlanejo y Tonalá). El trazo inicia en el Pk 0+000, en la zona del patio ferroviario de Irapuato, Guanajuato, y concluye en el Pk 245+500, en el municipio de Tonalá, Jalisco.

De manera general, el proyecto integra de:

- 1 plataforma ferroviaria (conformada por terraplén, corte, tierra armada).
- 17 viaductos.
- 7 estaciones y paraderos de pasajeros.
- 371 obras de cruce hidráulico:
  - 289 obras de Drenaje Transversal (ODTs).
  - 82 puentes.
- 33 tramos de Obras de Drenaje Longitudinal (ODLs).
- 23 pasos peatonales.
- 96 pasos superiores e inferiores:
  - 15 Pasos Superiores Ganaderos.
  - 49 Pasos superiores ferroviarios.
  - 12 Pasos inferiores ganaderos.
  - 20 Pasos inferiores ferroviarios.

El objetivo principal del proyecto es incrementar la conectividad regional de pasajeros entre la región del Bajío y el Área Metropolitana de Guadalajara, mediante un sistema ferroviario que opere de manera segura, eficiente y sustentable, en congruencia con los proyectos prioritarios de infraestructura ferroviaria impulsados a nivel federal.

CONSULTA PÚBLICA



A manera de síntesis, se presentan las principales características generales del proyecto.

Tabla I.1. Características generales del proyecto. Elaboración propia.

Concepto	Dato
Nombre del proyecto	Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500
Longitud aproximada del trazo	245.5 km
Área total del proyecto (AP)	983.4470 ha (SIGEIA) / 973.9650 ha (QGIS, EPSG:6372)
Entidades federativas de incidencia	Guanajuato y Jalisco
Municipios de incidencia	12 (5 en Guanajuato, 7 en Jalisco)
Duración de preparación y construcción	3 años (36 meses)
Frentes de trabajo propuestos	12
Personal total estimado	8,838 trabajadores
Inversión estimada	$191,207'055,555.98 M.N
Fecha de inicio propuesta	Diciembre de 2026*

* Se destaca que este promovente no comenzará los trabajos manifestados dentro de este documento hasta obtener la autorización en matera de impacto ambiental de esta DGIRA.

I.5.1.1. Justificación y objetivos del proyecto

La implementación del conjunto de proyectos que integran el Programa Nacional de Infraestructura Ferroviaria para Pasajeros, entre ellos, el Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500, se desarrolla con la participación de diversas entidades públicas de los tres niveles de gobierno, e involucra procesos complejos de planeación, ingeniería, gestión ambiental y social, liberación de derecho de vía y desarrollo tecnológico. Dicha implementación conlleva, asimismo, el cumplimiento de compromisos ambientales, arqueológicos y normativos que requieren un seguimiento técnico especializado ante las distintas autoridades competentes. Para fortalecer esta gestión, la Agencia de Trenes y Transporte Público Integral (ATTRAPI) impulsa la contratación de servicios de apoyo directo en la integración, verificación y atención de los requerimientos ambientales, arqueológicos y normativos aplicables, garantizando la trazabilidad y el cumplimiento de las obligaciones institucionales derivadas de este tipo de proyectos, entre las cuales se encuentra la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

En este contexto, la justificación del proyecto "Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500" se sustenta en la necesidad de fortalecer la conectividad interregional entre el Bajío guanajuatense y el Área Metropolitana de Guadalajara, dos de las regiones económicas más dinámicas del centro-occidente del país, actualmente comunicadas de manera predominante por transporte carretero. La saturación progresiva de la red vial existente, así como el crecimiento poblacional y económico de los municipios de incidencia, hacen necesaria la implementación de un sistema de transporte masivo de pasajeros que ofrezca una alternativa segura, eficiente y de menor huella ambiental frente al transporte individual motorizado. El proyecto se enmarca así dentro de la política nacional de impulso a la infraestructura ferroviaria de pasajeros descrita en los antecedentes, orientada a modernizar la movilidad interurbana del país y a reducir la dependencia del transporte carretero de largo itinerario, en congruencia con el corredor Querétaro-Irapuato-Guadalajara que se articula a partir del Eje Troncal México-Querétaro.

En este sentido, el corredor Irapuato-Guadalajara conecta dos de las zonas económicas más relevantes del centro-occidente de México: por un lado, el corredor industrial y agroindustrial del Bajío guanajuatense, que incluye a los municipios de Irapuato, León, Silao de

CONSULTA PÚBLICA





la Victoria, Purísima del Rincón y San Francisco del Rincón, con una intensa actividad manufacturera, automotriz y de logística; y por otro lado, del Área Metropolitana de Guadalajara, uno de los principales centros económicos, industriales y poblacionales del país. La incorporación de municipios intermedios de los Altos de Jalisco (Arandas, Tepatitlán de Morelos, Acatic, San Diego de Alejandría y San Ignacio Cerro Gordo) permitirá además detonar la conectividad de una región con importante actividad agroindustrial, ampliando el área de influencia socioeconómica del proyecto más allá de sus dos polos principales.

Como objetivos específicos, el proyecto busca establecer una conexión ferroviaria directa y eficiente entre Irapuato, Guanajuato, y el Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, como parte de la red interconectada del Programa Nacional de Infraestructura Ferroviaria para Pasajeros; ofrecer a la población una alternativa de transporte de pasajeros segura, asequible y con menores tiempos de traslado frente a las opciones de transporte existentes; contribuir a la disminución de las emisiones asociadas al transporte carretero de pasajeros en el corredor Bajío-Jalisco; y fortalecer la integración económica y social entre los municipios que conforman el Área del Proyecto.

I.5.2. Ubicación del Área del Proyecto (AP)

El Área del Proyecto (AP) se ubica en el centro-occidente de México e incide sobre 12 municipios pertenecientes a dos entidades federativas. En el estado de Guanajuato, el trazo atraviesa los municipios de Irapuato, León, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón y Silao de la Victoria; mientras que en el estado de Jalisco incide sobre los municipios de Acatic, Arandas, San Diego de Alejandría, Tepatitlán de Morelos, Tonalá, Zapotlanejo y San Ignacio Cerro Gordo.

Fisiográficamente, el trazo se desarrolla dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, incidiendo en las subprovincias del Bajío Guanajuatense y de los Altos de Jalisco, para posteriormente aproximarse al Área Metropolitana de Guadalajara. Desde el punto de vista hidrológico, el Área del Proyecto se localiza dentro de la Región Hidrológica Lerma-Santiago-Pacífico, incidiendo inicialmente sobre la cuenca del río Lerma, en las subcuencas Pénjamo-Irapuato, Las Amapolas y Arperos, para posteriormente incidir sobre la cuenca del río Santiago en su tramo cercano a la Zona Metropolitana de Guadalajara. Las coordenadas del Área del Proyecto (AP) se ubicarán dentro del *ANX.II. Vectores* del presente estudio.

CONSULTA PÚBLICA



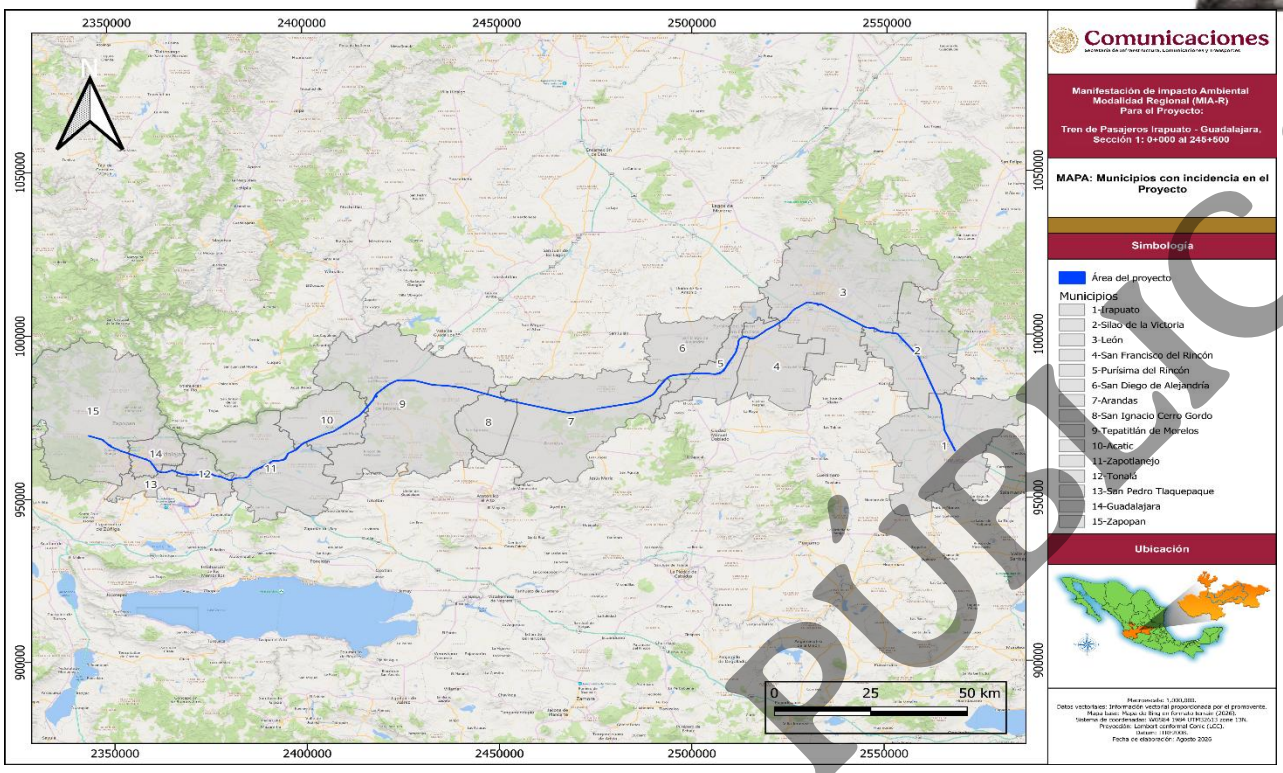


Figura I.1. Ubicación del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

I.5.3. Superficie solicitada para el Área del Proyecto (AP)

El Área del Proyecto (AP) tiene una superficie total de 973.9650 ha (9,739,649.58 m²), calculada en QGIS bajo la proyección EPSG:6372 (México ITRF2008), distribuida entre los 12 municipios de incidencia conforme se muestra en la siguiente tabla. Como se detalla más adelante en este mismo apartado, para efectos de congruencia con la metodología de SIGEIA, la superficie total oficial del derecho de vía (DDV) que se reporta en la presente Manifestación de Impacto Ambiental es de 983.4470 ha. Del total de la superficie del AP, 77.1142 ha corresponden al derecho de vía histórico existente en el tramo del estado de Guanajuato.

Tabla I.2. Superficie de incidencia del proyecto por municipio.

Estado	Municipio	Superficie (ha)
Guanajuato	Irapuato	63.2955
Guanajuato	León	85.9922
Guanajuato	Purísima del Rincón	123.0054
Guanajuato	San Francisco del Rincón	33.7806
Guanajuato	Silao de la Victoria	74.5293
Jalisco	Acatic	85.8087
Jalisco	Arandas	193.8787
Jalisco	San Diego de Alejandría	30.0057
Jalisco	Tepatitlán de Morelos	149.2930
Jalisco	Tonalá	7.9823
Jalisco	Zapotlanejo	98.3106
Jalisco	San Ignacio Cerro Gordo	28.0830
Total		**973.9650**

CONSULTA PÚBLICA



Debido a que el trazo del proyecto se desarrolla sobre dos husos de la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM Zonas 13N y 14N), para el cálculo de la superficie del derecho de vía (DDV) y de las demás obras del proyecto se utilizó la proyección cónica conforme de Lambert EPSG:6372 (México ITRF2008), la cual permite representar de manera homogénea y con mínima distorsión la totalidad del trazo dentro de un único sistema de referencia, evitando así el error geométrico que se produciría al calcular superficies continuas sobre un trazo que cruza dos zonas UTM distintas.

Al calcular la superficie del derecho de vía en el software QGIS, bajo la proyección EPSG:6372, se obtuvo una superficie de 973.9650 ha (9,739,649.58 m²). No obstante, al cotejar dicha superficie contra la calculada por el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se obtuvo una superficie ligeramente mayor de 983.4470 ha, con una diferencia de 9.4820 ha respecto al valor calculado en QGIS.

Dicha diferencia obedece a que SIGEIA emplea su propia metodología y parámetros de proyección cartográfica para el cálculo de superficies de incidencia, distintos de los aplicados de manera directa en QGIS bajo EPSG:6372. Con el objetivo de mantener congruencia con la metodología de cálculo empleada por la autoridad ambiental para la evaluación del presente proyecto, en la presente Manifestación de Impacto Ambiental se adopta como superficie oficial del derecho de vía (DDV) la reportada por SIGEIA, es decir, 983.4470 ha, en el entendido de que la superficie real, calculada geométricamente en el sistema de referencia EPSG:6372 (México ITRF2008), corresponde a 973.9650 ha.

Tabla I.3. Comparativo de superficie del derecho de vía (DDV) según metodología de cálculo.

Metodología	Superficie (ha)
Superficie calculada en QGIS (EPSG:6372, México ITRF2008)	973.9650
Superficie calculada por SIGEIA (metodología SEMARNAT)	983.4470
Diferencia	**9.4820**

CONSULTA PÚBLICA



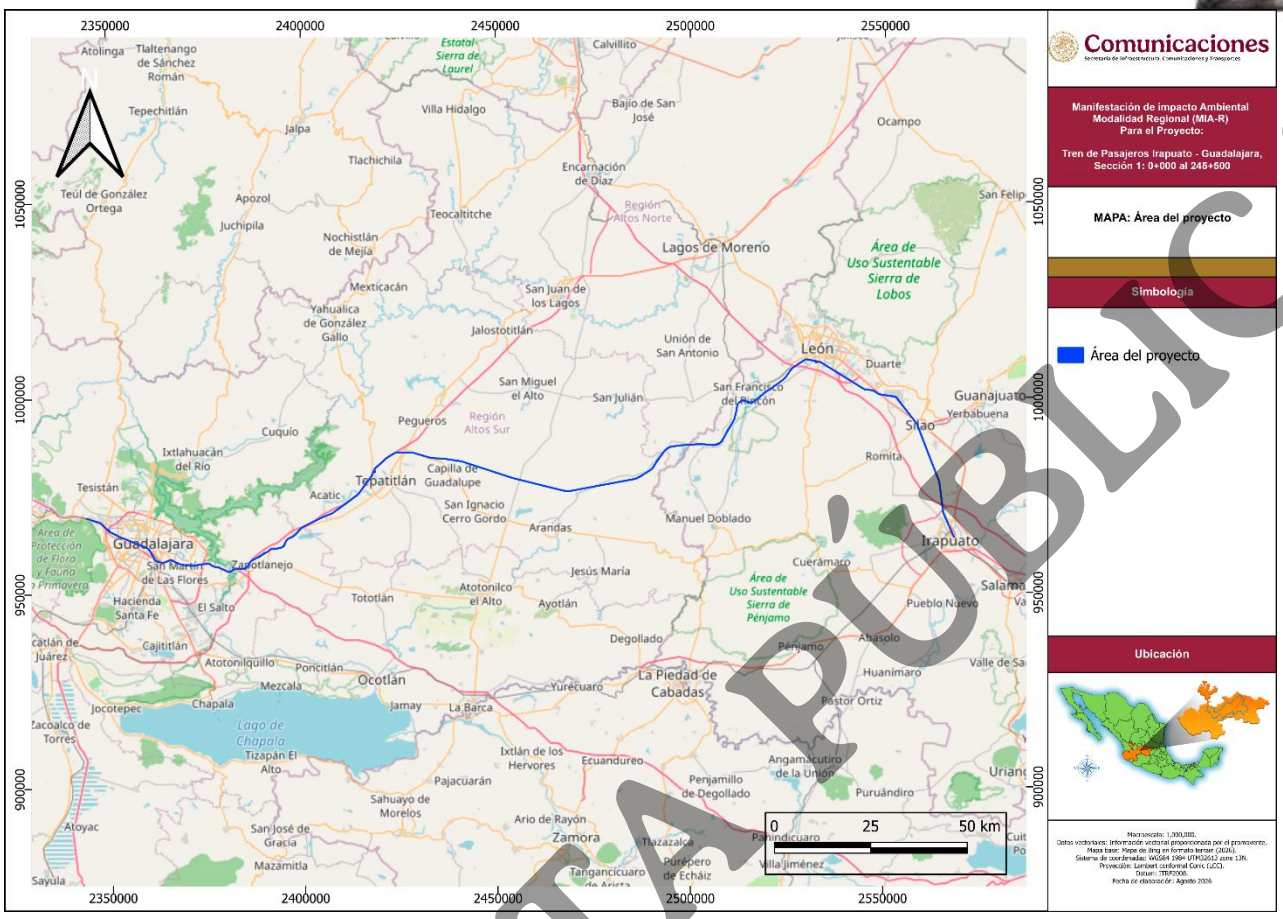


Figura I.2. Representación gráfica del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

Con la finalidad de organizar la planeación, la ejecución y el seguimiento de las acciones de prevención, mitigación, compensación y restauración, así como las gestiones ambientales asociadas al proyecto, el trazo del tren se subdivide en cuatro secciones de gestión ambiental. Esta subdivisión se definió considerando la convivencia del trazo con infraestructura existente, como vías férreas y autopistas regionales, los usos de suelo predominantes, la presencia de la Formación Natural de Interés Estatal "Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", que constituye el punto de mayor sensibilidad ambiental del corredor, y la aproximación a la Zona Metropolitana de Guadalajara. Las secciones se presentan en la tabla siguiente y se describen a continuación.

Tabla 4. Secciones del trazo para la gestión ambiental del proyecto. Elaboración propia.

Sección	Cadenamiento (Pk)	Longitud (km)	Estado	Municipios	Estaciones y paraderos
1	0+000 – 69+400	69.400	Guanajuato	Irapuato, Silao de la Victoria, León y San Francisco del Rincón	Paradero Silao, Paradero Aeropuerto Internacional de Guanajuato, Estación León y Paradero San Francisco del Rincón
2	69+400– 188+600	119.200	Guanajuato y Jalisco	San Francisco del Rincón, Purísima del	Paradero Capilla de Guadalupe

CONSULTA PÚBLICA

Sección	Cadenamiento (Pk)	Longitud (km)	Estado	Municipios	Estaciones y paraderos
				Rincón, San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo y Tepatitlán de Morelos	
3	188+600– 236+400	47.800	Jalisco	Tepatitlán de Morelos, Acatic y Zapotlanejo	Estación Tepatitlán de Morelos y Paradero Zapotlanejo
4	236+400– 245+500	9.100	Jalisco	Zapotlanejo y Tonalá	–
Total	**0+000 – 245+500**	**245.500**	---	**12 municipios**	**2 estaciones y 5 paraderos**

Sección 1 (Pk 0+000 a Pk – 69+400). Zonas urbanas del Bajío y convivencia con tren de Carga La primera sección se desarrolla íntegramente en el estado de Guanajuato con una longitud 69+400 km, sobre los municipios de Irapuato, Silao de la Victoria, León y San Francisco del Rincón. Inicia en el patio ferroviario de Irapuato, donde la vía de pasajeros se emplaza y convive con la infraestructura de carga existente, y se extiende hasta las inmediaciones del límite entre León y San Francisco del Rincón. A lo largo de esta sección el trazo se desarrolla sobre el corredor de vías férreas de carga actualmente en desuso, en un entorno predominantemente urbano y periurbano asociado al corredor industrial del Bajío guanajuatense.

Sección 2 (Pk 69+400– 188+600 aPk188+600). Zonas Agrícolas y Forestales del Estado de Guanajuato y Jalisco. La segunda sección es la de mayor longitud, con 95.100 km, y comprende desde el municipio de Purísima del Rincón, Guanajuato, hasta Tepatitlán de Morelos, Jalisco, incidiendo también sobre San Francisco del Rincón, San Diego de Alejandría, Arandas y San Ignacio Cerro Gordo. Se desarrolla sobre la región de los Altos de Jalisco, en un entorno predominantemente rural, donde las actividades agrícolas y ganaderas constituyen el uso de suelo dominante. En esta sección se ubican el paradero Capilla de Guadalupe y la base de mantenimiento. En esta sección se encuentran la mayor superficie de áreas forestales

Sección 3 (Pk 188+600 a Pk 236+400). Zona de Convivencia con la Autopista Zapotlanejo – Lagos de Moreno. La tercera sección comprende 47.800 km en el estado de Jalisco, sobre los municipios de Tepatitlán de Morelos, Acatic y Zapotlanejo. Inicia donde el trazo comienza a desarrollarse en convivencia y utilizando parte de su Derecho de vía de la Autopista 80 D Zapotlanejo Lagos de Moreno. En esta sección se ubican la estación Tepatitlán de Morelos y el paradero Zapotlanejo.

Sección 4 (Pk 242+700 a Pk 245+500). Zona de la Barrancas de los Ríos Santiago y Verde La cuarta sección comprende 9.100 km en los municipios de Zapotlanejo y Tonalá, en el estado de Jalisco, e inicia a antes del cruce de la Formación Natural de Interés Estatal "Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", en la aproximación a la Zona Metropolitana de Guadalajara, hasta el Pk 245+500, en el municipio de Tonalá, que corresponde al término del Área del Proyecto. En esta sección se localiza el tramo final del viaducto sobre el río Santiago. Por su incidencia sobre la Formación Natural de Interés Estatal "Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", en esta sección se aplican las medidas específicas para dicha área natural protegida.

CONSULTA PÚBLICA



I.5.4. Usos de suelo y vegetación dentro del Área del Proyecto (AP)

Conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), el cambio de uso de suelo en terrenos forestales requiere de autorización previa de la SEMARNAT, sustentada en un estudio técnico justificativo, cuando el proyecto incida sobre superficies con vegetación forestal o clasificadas como terrenos forestales o preferentemente forestales, independientemente del uso de suelo que se observe actualmente en ellas.

- **Distribución por uso de suelo y vegetación conforme a INEGI Serie VII**

Como punto de partida para la identificación de los polígonos forestales, se realizó la superposición del Área del Proyecto con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI. Conforme a esta fuente, los 134 polígonos identificados se ubican sobre las clases de uso de suelo y vegetación que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla I.5. Polígonos forestales sujetos a CUSTF, por uso de suelo y vegetación. Elaboración propia.

Uso de suelo y vegetación (INEGI Serie VII)	Polígonos	% del CUSTF
Agricultura de temporal anual	73	58.24%
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	17	14.61%
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	7	10.83%
Matorral crasicaule	1	6.28%
Agricultura de riego anual y semipermanente	16	4.87%
Cuerpo de agua	7	2.19%
Agricultura de riego anual	4	1.80%
Agricultura de humedad anual	1	0.48%
Pastizal inducido	4	0.32%
Selva baja caducifolia (vegetación primaria)	2	0.31%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	1	0.03%
Asentamientos humanos	1	0.03%

De los 134 polígonos, 28 se ubican sobre clases que INEGI Serie VII reconoce como vegetación forestal (2 de selva baja caducifolia primaria y el resto de vegetación secundaria arbustiva y matorral crasicaule), mientras que los 106 restantes se ubican sobre clases que esta fuente cataloga como no forestales (agricultura, pastizal inducido, cuerpos de agua y asentamientos humanos). Debido a la escala de la cartografía del INEGI (1:250 000), ésta no permite discriminar remanentes de vegetación de menor superficie; por ello, mediante la revisión cartográfica puntual descrita en el apartado siguiente, se identificó que dichas superficies presentan vegetación forestal, por lo que se integran a los 134 polígonos forestales distribuidos en los seis tipos de vegetación de la siguiente tabla, los cuales se encuentran en proceso de verificación en campo.

- **Polígonos forestales por tipo de vegetación**

Como resultado de la revisión cartográfica puntual del Área del Proyecto, con la que se precisó la clasificación de INEGI Serie VII, se identificaron 134 polígonos forestales sujetos a este

CONSULTA PÚBLICA



trámite, con una superficie conjunta de 121.5862 ha. La clasificación de cada polígono conforme a su vegetación forestal de referencia se distribuye de la siguiente manera:

Tabla I.6. Polígonos forestales sujetos a CUSTF, por tipo de vegetación forestal de referencia. Elaboración propia.

Vegetación forestal de referencia	Polígonos	Superficie (ha)	% del CUSTF
Bosque de Encino	6	1.7312	1.42%
Bosque de Galería	9	1.6939	1.39%
Matorral Crasicaule	2	7.7711	6.39%
Pastizal Natural	27	37.3324	30.70%
Selva Baja Caducifolia	75	67.6284	55.62%
Vegetación de Galería	15	5.4292	4.48%
Total	134	121.5862	100%

La selva baja caducifolia es el tipo de vegetación forestal predominante dentro de los polígonos identificados, al representar el 55.62 % de la superficie sujeta a CUSTF; el pastizal natural es el segundo tipo en importancia, con el 30.70 %. Es importante mencionar que estos polígonos forestales serán corroborados en campo con la finalidad de definir de manera correcta las superficies por tipo de vegetación para la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

- **Distribución espacial**

Los 134 polígonos se distribuyen a lo largo de todo el trazo del proyecto, con una superficie individual que va de 0.0021 ha, el más pequeño, a 10.19 ha, el más grande, y un promedio de 0.908 ha por polígono. Esta alta fragmentación, muchos polígonos de tamaño reducido en lugar de pocas superficies grandes y continuas, es consistente con la naturaleza lineal del proyecto, que atraviesa de manera dispersa distintos remanentes de vegetación forestal y terrenos preferentemente forestales a lo largo de sus 245.5 km, en vez de incidir sobre una sola masa forestal compacta. Esta información puede consultarse dentro de la ruta *ANX.II. Vectores> e) CUSTF.*

I.5.5. Corrientes y cuerpos de agua superficiales consideradas como zonas federales

De manera preliminar, se identifica que el proyecto incide sobre cuerpos y corrientes de agua pertenecientes a la Región Hidrológica Lerma-Santiago-Pacífico, particularmente sobre las subcuencas Pénjamo-Irapuato, Las Amapolas y Arperos en su porción correspondiente al estado de Guanajuato, así como sobre la cuenca del río Santiago en su aproximación a la Zona Metropolitana de Guadalajara. El listado y la ubicación específica de las corrientes y cuerpos de agua superficiales que constituyen zonas federales dentro del AP se presenta en el presente apartado.

En el tramo correspondiente al estado de Guanajuato, la red hidrográfica identificada de manera preliminar corresponde predominantemente a corrientes de tipo intermitente, asociadas a la dinámica estacional de lluvias propia de la región del Bajío; asimismo, el trazo incide sobre acuíferos administrados por la CONAGUA, algunos de los cuales presentan condición de déficit, por lo que las obras de cruce con cuerpos de agua deberán diseñarse conforme a la normativa en materia de aguas nacionales. En el tramo de aproximación a la Zona Metropolitana de Guadalajara, la red hídrica se caracteriza por una transición entre

CONSULTA PÚBLICA

escurrimientos naturales de zonas elevadas y un sistema hidrológico modificado por la urbanización, predominando igualmente las corrientes de tipo intermitente, con presencia acotada de tramos de flujo perenne.

Conforme a la Ley de Aguas Nacionales, se considera cauce de una corriente al canal natural o artificial con capacidad suficiente para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse, y se considera cauce propiamente definido cuando el escurrimiento se concentra hacia una depresión topográfica que forma una cárcava de cuando menos 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad. Bajo este criterio, la identificación de los cauces federales que inciden sobre el Área del Proyecto se realizó mediante la revisión de la Red Hidrográfica disponible en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), complementada con la interpretación de imágenes satelitales para ubicar con precisión los puntos de cruce entre los escurrimientos y el eje del proyecto. Las dimensiones de cada cauce se determinaron posteriormente a partir de levantamientos topográficos LiDAR, con el fin de verificar el cumplimiento de las dimensiones mínimas establecidas en la Ley de Aguas Nacionales.

Para llevar a cabo la delimitación de zona federal se requiere, en primer lugar, la identificación y validación de los cauces federales como declaratoria de bienes nacionales. Se cuenta con una validación de cauces federales del tramo Irapuato-León, en el estado de Guanajuato, realizada mediante recorridos técnicos en conjunto con personal de la Dirección Local de Guanajuato de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La delimitación de zona federal es, en sí misma, un procedimiento administrativo mediante el cual la CONAGUA formaliza dicha delimitación.

Con base en el análisis descrito, se identificaron 106 cauces federales dentro del Área del Proyecto, distribuidos a lo largo de todo el trazo, desde el tramo en el estado de Guanajuato hasta su aproximación a la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco. De estos, 16 se resuelven mediante tramos de viaducto, por lo que quedan excluidos del análisis hidráulico e hidrológico correspondiente a obras de cruce hidráulicas; 85 cuentan ya con el gasto de diseño estimado para distintos periodos de retorno, el cual constituye la base técnica para el dimensionamiento de la obra de cruce específica (Obra de Drenaje Transversal o puente) que corresponda a cada uno, conforme al proyecto ejecutivo; y 5 se encuentran sin solución de cruce definida. La distribución se presenta en la tabla siguiente.

Tabla I.7. Cauces federales identificados en el Área del Proyecto, por solución de cruce. Elaboración propia.

Solución de cruce	Número de cauces
Viaducto	16
Obra de cruce hidráulica (Obra de Drenaje Transversal o puente, según proyecto ejecutivo)	85
Sin solución de cruce definida	5
Total de cauces federales identificados	**106**

El listado completo de cauces federales, con su clave, coordenadas de localización, zona UTM, denominación del río o arroyo correspondiente y la solución de cruce asignada a cada uno, se presenta a continuación. Asimismo, esta información puede consultarse dentro del *ANX.II. Vectores> f) Zonas federales.*

CONSULTA PÚBLICA



Tabla I.8. Identificación y localización de los cauces federales en el trazo del proyecto. Elaboración propia.

Cauce Federal	Cuenca	Este X	Norte Y	Zona	Río/Arroyo	Solución de cruce
CF-01	IG-C01	253212.192	2295263.710	14	Canal Tepalcates	Obra de cruce hidráulica
CF-02	IG-C02	253108.525	2296122.597	14	Dren Copal, DR 011 La Purísima	Obra de cruce hidráulica
CF-03	IG-C03	252732.388	2299449.770	14	ZP-Dren Copal	Obra de cruce hidráulica
CF-04	IG-C04	252453.794	2301915.094	14	Canal Lateral 10+848	Obra de cruce hidráulica
CF-05	IG-C05	252272.445	2303223.220	14	Dren San Antonio Rico	Obra de cruce hidráulica
CF-06	IG-C06	251975.839	2304026.590	14	Dren Vila de Cárdenas	Obra de cruce hidráulica
CF-07	IG-C07	251525.706	2305245.655	14	Dren Innominado	Obra de cruce hidráulica
CF-08	IG-C08	251019.718	2306616.074	14	Río Durán	Viaducto
CF-09	IG-C09	245993.315	2319057.153	14	Río Silao	Viaducto
CF-10	IG-C10	239715.015	2325422.638	14	Arroyo El Mezquite	Obra de cruce hidráulica
CF-11	IG-C11	238728.393	2325587.927	14	Arroyo El Molino	Viaducto
CF-12	IG-C12	236827.478	2326009.02	14	Arroyo sin nombre	Viaducto
CF-13	IG-C13	235867.774	2326671.506	14	Arroyo Los Sauces	Viaducto
CF-14	IG-C14	232264.993	2327844.564	14	Arroyo El Colgado	Viaducto
CF-15	IG-C15	229894.868	2329363.117	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-16	IG-C16	228810.430	2330052.205	14	Arroyo Los Otates	Obra de cruce hidráulica
CF-17	IG-C17	222084.052	2334332.581	14	Río Gómez	Viaducto
CF-18	IG-C18	219363.046	2334957.567	14	Canal Las Américas	Sin solución
CF-19	IG-C19	218337.226	2335143.139	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-20	IG-C20	216310.636	2333990.607	14	Arroyo Hondo	Obra de cruce hidráulica
CF-21	IG-C21	215074.740	2333218.569	14	Arroyo el Verde	Obra de cruce hidráulica
CF-22	IG-C22	214191.144	2332370.441	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-23	IG-C23	213962.730	2332062.265	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-24	IG-C24	206667.979	2326111.052	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-25	IG-C25	206242.255	2325793.915	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-26	IG-C26	205003.465	2324871.078	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-27	IG-C27	204142.230	2324297.172	14	Arroyo Santiago	Viaducto
CF-28	IG-C28	200951.087	2324500.719	14	Arroyo Veneros	Obra de cruce hidráulica
CF-29	IG-C29	200821.726	2324412.363	14	Arroyo Purísima	Obra de cruce hidráulica
CF-30	IG-C30	199885.768	2321785.563	14	Arroyo Purísima	Obra de cruce hidráulica
CF-31	IG-C31	199709.250	2321138.789	14	Arroyo Purísima	Obra de cruce hidráulica
CF-32	IG-C32	199470.056	2320282.108	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-33	IG-C33	197464.898	2316962.32	14	La Cañada	Obra de cruce hidráulica
CF-34	IG-C34	195824.609	2314269.065	14	Arroyo el Jaralillo	Obra de cruce hidráulica
CF-35	IG-C35	192286.440	2313668.839	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica

CONSULTA PÚBLICA





Cauce Federal	Cuenca	Este X	Norte Y	Zona	Río/Arroyo	Solución de cruce
CF-36A	IG-C36A	190964.543	2313816.778	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-36B	IG-C36B	190807.796	2313829.140	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-36C	IG-C36C	190433.755	2313834.399	14	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-43	IG-C43	806547.821	2312896.413	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-44	IG-C44	805027.939	2311420.142	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-45	IG-C45	804899.276	2311241.185	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-46	IG-C46	804712.843	2310981.878	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-47	IG-C47	804238.568	2310322.214	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-48	IG-C48	802922.544	2308293.371	13	Arroyo Agua Negra	Obra de cruce hidráulica
CF-49	IG-C49	802782.593	2308049.056	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-50	IG-C50	802215.164	2307278.254	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-51	IG-C51	801718.999	2306880.349	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-52	IG-C52	799720.674	2305605.534	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-53	IG-C53	797251.346	2304518.015	13	Arroyo El Salto	Obra de cruce hidráulica
CF-54	IG-C54	796646.474	2304395.336	13	Arroyo El Salto	Obra de cruce hidráulica
CF-55	IG-C55	792086.403	2303470.468	13	Arroyo El Salto	Obra de cruce hidráulica
CF-56	IG-C56	791263.754	2303303.619	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-57	IG-C57	790941.657	2303238.292	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-58	IG-C58	790247.994	2303097.604	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-59	IG-C59	787425.365	2302525.122	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-60	IG-C60	786937.661	2302426.207	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-61	IG-C61	786605.734	2302358.886	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-62	IG-C62	785859.663	2302207.568	13	Arroyo Cajigal	Obra de cruce hidráulica
CF-63A	IG-C63A	785164.480	2302066.572	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-63B	IG-C63B	785100.378	2302053.571	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-63C	IG-C63C	784891.511	2302011.209	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-64	IG-C64	784540.856	2301940.09	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-65	IG-C65	783700.866	2301769.724	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-66	IG-C66	782183.662	2301462.007	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-67	IG-C67	778997.885	2301405.792	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-68	IG-C68	778857.492	2301437.996	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-69	IG-C69	778016.454	2301630.923	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica

CONSULTA PÚBLICA





Cauce Federal	Cuenca	Este X	Norte Y	Zona	Río/Arroyo	Solución de cruce
CF-70	IG-C70	776265.562	2302032.562	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-71	IG-C71	775391.322	2302233.105	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-72	IG-C72	773442.215	2302680.212	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-73	IG-C73	771500.058	2303125.726	13	Arroyo El Águila	Obra de cruce hidráulica
CF-74	IG-C74	764417.092	2304883.49	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-75	IG-C75	763847.014	2305058.689	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-76	IG-C76	753949.438	2308100.46	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-77	IG-C77	748652.300	2309001.337	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-78	IG-C78	745618.567	2309162.456	13	Arroyo El Jihuite	Obra de cruce hidráulica
CF-79	IG-C79	744323.643	2309363.678	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-80	IG-C80	744141.063	2309413.63	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-81	IG-C81	743566.530	2309570.814	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-82	IG-C82	742459.292	2309873.74	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-83	IG-C83	740168.022	2310439.711	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-84	IG-C84	739505.511	2310474.317	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-85	IG-C85	739230.561	2310477.16	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-86	IG-C86	738278.711	2310487	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-87	IG-C87	736064.313	2310452.51	13	Sin definir	Sin solución
CF-88	IG-C88	731107.253	2306904.161	13	Arroyo Tepatitlán	Viaducto
CF-89	IG-C89	730853.473	2306669.269	13	Sin definir	Viaducto
CF-90	IG-C90	728002.532	2302129.92	13	Arroyo San Pablo	Viaducto
CF-91	IG-C91	726509.064	2300050.026	13	Arroyo Tepatitlán	Viaducto
CF-92	IG-C92	719889.225	2294857.087	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-93	IG-C93	715416.372	2292750.091	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-94	IG-C94	714121.676	2292084.04	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-95	IG-C95	713016.148	2291515.306	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-96	IG-C96	712347.247	2291171.193	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-97	IG-C97	709481.014	2288549.922	13	Sin definir	Viaducto
CF-98	IG-C98	707930.610	2287701.259	13	Río Calderón	Viaducto
CF-99	IG-C99	707393.043	2286830.956	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-100	IG-C100	703799.49	2285221.61	13	Arroyo El Calabozo	Sin solución
CF-101	IG-C101	702793.549	2284434.14	13	Arroyo Huejotitlán	Sin solución
CF-102	IG-C102	700577.381	2283159.66	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-103	IG-C103	699743.565	2282680.27	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-105	IG-C105	697519.689	2280467.8	13	Sin definir	Viaducto
CF-106	IG-C106	696999.352	2280086.37	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica

CONSULTA PÚBLICA



Cauce Federal	Cuenca	Este X	Norte Y	Zona	Río/Arroyo	Solución de cruce
CF-107	IG-C107	696181.352	2279940.54	13	Sin definir	Obra de cruce hidráulica
CF-108	IG-C108	695583.719	2279910.81	13	Sin definir	Sin solución
CF-109	IG-C109	693192.575	2279246.12	13	Río Santiago	Viaducto

I.5.6. Inversión requerida

La inversión estimada para la ejecución integral del Proyecto asciende $191,207'055,555.98 M.N esos mexicanos, IVA incluido (ciento noventa y uno mil doscientos siete millones cincuenta cinco mil quinientos ciento y cinco 98/100 M.N.). Para efectos de la presente MIA-R, este importe se presenta de manera global, sin diferenciar fases, subtramos, paquetes de contratación ni frentes de obra, dado que todos ellos forman parte del mismo proyecto ferroviario.

El monto corresponde a la inversión de capital destinada a desarrollar la infraestructura ferroviaria y sus componentes asociados. De manera enunciativa, mas no limitativa, comprende los estudios y proyectos de ingeniería; preparación del sitio; obras de terracerías, drenaje y subdrenaje; construcción de puentes, viaductos y pasos vehiculares y ferroviarios; conformación de la plataforma y superestructura de vía; estaciones y paraderos; base de mantenimiento; instalaciones ferroviarias; sistemas de señalización, telecomunicaciones, energía y seguridad; adquisición e instalación de material rodante y equipos; liberación del derecho de vía; boletaje; pruebas, puesta en servicio y demás trabajos necesarios para la operación del corredor. La programación financiera vigente prevé que las erogaciones se realicen principalmente entre diciembre de 2026 y agosto de 2029, con actividades de estudios de ejecución e ingeniería de detalle programadas desde el inicio de dicho periodo, en octubre de 2026. Esta distribución constituye una referencia para establecer la secuencia general de contratación, construcción y puesta en operación; sin embargo, no constituye un calendario rígido, ya que las fechas, montos mensuales, paquetes de licitación, frentes y ritmos de ejecución podrán ajustarse por condiciones técnicas, administrativas, presupuestales, contractuales, ambientales o de coordinación con la infraestructura existente.

Por lo anterior, la programación de la inversión deberá entenderse como indicativa, enunciativa y no limitativa. Las modificaciones exclusivamente financieras o contractuales que no alteren las características físicas ni los alcances ambientales del Proyecto no implicarán, por sí mismas, un cambio en su descripción. Cuando los ajustes asociados con la ejecución puedan modificar las obras, superficies, ubicación, procedimientos constructivos o condiciones evaluadas en esta MIA-R, el promovente realizará previamente los avisos, gestiones o autorizaciones que resulten procedentes ante las autoridades competentes. El desglose de la inversión estimada por concepto de obra se presenta en la siguiente tabla.

Tabla I.9. Catálogo de inversión (CAPEX) del proyecto por concepto de obra. Elaboración propia.

Concepto	Importe (M.N., incluye IVA)
Vía (km)	$55,117,442,517.82
Viaducto de vía doble (km)	$63,306,780,589.47
Cruce a nivel (existente)	$455,000,000.00
Cruce eléctrico alta tensión	$1,425,000,000.00
Cruce eléctrico media tensión	$2,250,000,000.00
Cruce eléctrico baja tensión	$26,000,000.00

CONSULTA PÚBLICA



Concepto	Importe (M.N., incluye IVA)
Paso superior ferroviario	$8,750,000,000.00
Obra de drenaje transversal	$2,156,000,000.00
Estaciones	$4,400,000,000.00
Paradero	$3,300,000,000.00
Base de mantenimiento	$1,625,000,000.00
Puentes (ODT)	$1,950,000,000.00
Paso inferior ferroviario	$1,792,504,080.00
Puente peatonal	$630,000,000.00
Estudios de ejecución	$700,000,000.00
Sistemas de energía	$71,652,572.24
Instalaciones ferroviarias	$2,893,574,610.66
Material rodante	$11,250,000,000.00
Evaluación Independiente de Seguridad (ISA)	$130,000,000.00
Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones)	$11,500,000,000.00
Costos de ejecución para mitigación	$1,550,101,185.79
Boletaje	$928,000,000.00
Liberación de derecho de vía	$15,000,000,000.00
Total	**$191,207,055,555.98**

I.6. SUPERFICIES Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ÁREA DEL PROYECTO (AP)

I.6.1. Vía férrea

La vía férrea constituye el componente principal del proyecto y el eje sobre el cual se estructuran las demás obras. Su infraestructura se compone de las capas de terraplén, subrasante y sub-balasto, mientras que su superestructura se integra por las capas de balasto, los durmientes y los rieles.

El terraplén es la estructura de material térreo cuyo objetivo es nivelar las condiciones topográficas del terreno a lo largo del trazo, transmitiendo y distribuyendo al subsuelo las cargas generadas por el tránsito del material rodante, conforme a los niveles, anchos, líneas de ceros, pendientes y taludes que se definan en el proyecto ejecutivo. Sobre el terraplén se coloca la capa de subrasante, integrada por material controlado que debe cumplir con las especificaciones de calidad aplicables (Normativa de Infraestructura Terrestre de la SICT), y que garantiza una adecuada transferencia de cargas de la plataforma de vía hacia el terraplén.

Sobre la subrasante se coloca la capa de sub-balasto, cuya función es contribuir a la absorción de las fuerzas de tensión generadas en la capa de balasto, y finalmente la capa de balasto, integrada por una cama de material granular que recibe las cargas transmitidas por los durmientes y las distribuye de manera uniforme a las capas inferiores, estabiliza la vía en sentido vertical, longitudinal y lateral, permite el amortiguamiento elástico ante las acciones del equipo rodante y facilita el drenaje del agua de lluvia por su alta permeabilidad.

El armado de la vía comprende, de manera general, las labores topográficas de replanteo del eje y del derecho de vía, el extendido de la cama de balasto, la colocación de los durmientes (dispuestos con sus ejes longitudinales perpendiculares al eje de la vía) y, posteriormente, la colocación y embridado de los rieles, seguido de un control geométrico de la vía conforme a las tolerancias establecidas en la normativa aplicable y en el proyecto ejecutivo. El diseño

CONSULTA PÚBLICA





geométrico del trazo considera una velocidad máxima de operación de 200 km/h, los radios mínimos de curvatura, las curvas de transición, los peraltes y las pendientes máximas permisibles, buscando privilegiar el mayor porcentaje de tramos rectos y curvas de radio amplio, a fin de garantizar la seguridad, estabilidad y confort de la circulación ferroviaria.

Los materiales pétreos requeridos para la conformación de las terracerías, la subrasante, el sub-balasto y el balasto se obtendrán de bancos de materiales que cuenten con las autorizaciones ambientales vigentes.

I.6.1.1. Soluciones constructivas

A lo largo del trazo, la plataforma de la vía férrea se resuelve mediante distintas soluciones constructivas, seleccionadas en función de las condiciones topográficas, la disponibilidad de derecho de vía y, en su caso, la necesidad de convivencia con las vías de carga de Ferromex: terraplén, corte, tierra armada y viaducto, además del emplazamiento y convivencia con el patio ferroviario existente al inicio del trazo. Cada una de estas soluciones se describe en los apartados siguientes, junto con el cadenamiento en el que se ubica.

Tabla I.10. Tabla de cadenamientos del Área del Proyecto (AP). Proyectar en EPSG:6372, México ITRF2008. Elaboración propia.

Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
0+000	2568154.156	964139.8985	81+900	2517189.115	999334.6645	163+800	2447601.407	981304.4477
0+100	2568113.467	964230.6316	82+000	2517110.492	999273.7505	163+900	2447506.85	981335.4879
0+200	2568072.777	964321.3647	82+100	2517031.87	999212.8364	164+000	2447412.292	981366.5283
0+300	2568032.088	964412.0979	82+200	2516953.247	999151.9223	164+100	2447317.735	981397.5687
0+400	2567991.398	964502.831	82+300	2516874.624	999091.0081	164+200	2447223.178	981428.6092
0+500	2567943.471	964589.6441	82+400	2516796.001	999030.0938	164+300	2447128.62	981459.6498
0+600	2567882.239	964667.9932	82+500	2516717.378	998969.1795	164+400	2447034.063	981490.6905
0+700	2567821.221	964746.5041	82+600	2516638.755	998908.2651	164+500	2446939.505	981521.7313
0+800	2567774.905	964834.2476	82+700	2516560.132	998847.3507	164+600	2446844.948	981552.7722
0+900	2567737.406	964926.2444	82+800	2516481.509	998786.4362	164+700	2446750.39	981583.8132
1+000	2567723.312	965024.4856	82+900	2516402.886	998725.5216	164+800	2446655.833	981614.8542
1+100	2567709.275	965122.7372	83+000	2516324.262	998664.607	164+900	2446561.275	981645.8954
1+200	2567670.222	965214.0134	83+100	2516245.639	998603.6924	165+000	2446466.718	981676.9367
1+300	2567626.64	965303.3928	83+200	2516165.002	998545.5363	165+100	2446372.16	981707.9781
1+400	2567583.058	965392.7722	83+300	2516078.091	998497.3094	165+200	2446277.603	981739.0195
1+500	2567539.476	965482.1517	83+400	2515985.846	998460.2945	165+300	2446183.045	981770.0611
1+600	2567495.932	965571.5491	83+500	2515889.705	998435.069	165+400	2446088.488	981801.1027
1+700	2567453.597	965661.5242	83+600	2515791.169	998422.0268	165+500	2445993.93	981832.1445
1+800	2567413.07	965752.3278	83+700	2515691.775	998421.3713	165+600	2445899.373	981863.1863
1+900	2567374.368	965843.9238	83+800	2515593.076	998433.1128	165+700	2445804.815	981894.2283
2+000	2567337.505	965936.2755	83+900	2515496.235	998455.6861	165+800	2445710.258	981925.2703
2+100	2567302.157	966029.2189	84+000	2515399.865	998480.2905	165+900	2445615.7	981956.3125
2+200	2567266.959	966122.2198	84+100	2515303.496	998504.8951	166+000	2445521.142	981987.3547
2+300	2567231.762	966215.2207	84+200	2515207.127	998529.4998	166+100	2445426.585	982018.397
2+400	2567196.527	966308.207	84+300	2515110.757	998554.1046	166+200	2445332.027	982049.4394
2+500	2567157.916	966399.8244	84+400	2515014.388	998578.7094	166+300	2445237.47	982080.4819
2+600	2567116.499	966490.2272	84+500	2514918.019	998603.3144	166+400	2445142.912	982111.5246
2+700	2567075.076	966580.6269	84+600	2514821.649	998627.9195	166+500	2445048.354	982142.5673
2+800	2567033.653	966671.0266	84+700	2514725.518	998653.4118	166+600	2444953.797	982173.6101
2+900	2566992.23	966761.4263	84+800	2514631.805	998686.6105	166+700	2444859.239	982204.653
3+000	2566950.807	966851.8261	84+900	2514540.866	998726.8812	166+800	2444764.681	982235.6959
3+100	2566908.845	966941.9736	85+000	2514450.184	998767.7384	166+900	2444670.124	982266.739
3+200	2566862.18	967029.7619	85+100	2514359.502	998808.5957	167+000	2444575.566	982297.7822
3+300	2566812.242	967115.7511	85+200	2514268.82	998849.4531	167+100	2444481.008	982328.8255
3+400	2566762.439	967201.8179	85+300	2514178.138	998890.3106	167+200	2444386.451	982359.8689
3+500	2566716.583	967290.0305	85+400	2514087.298	998930.8117	167+300	2444291.893	982390.9123
3+600	2566675.103	967380.4021	85+500	2513994.229	998965.7823	167+400	2444197.335	982421.9559
3+700	2566633.975	967470.9364	85+600	2513898.155	998991.3571	167+500	2444102.778	982452.9995
3+800	2566593.681	967561.839	85+700	2513800.008	999007.2128	167+600	2444008.22	982484.0433
3+900	2566558.406	967654.7964	85+800	2513700.768	999013.1911	167+700	2443913.662	982515.0871
4+000	2566525.11	967748.4941	85+900	2513601.427	999009.2321	167+800	2443819.105	982546.1311

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
4+100	2566491.782	967842.1806	86+000	2513502.977	998995.3753	167+900	2443724.547	982577.1751
4+200	2566455.54	967934.7608	86+100	2513406.403	998971.7593	168+000	2443629.989	982608.2193
4+300	2566414.509	968025.3359	86+200	2513312.668	998938.6199	168+100	2443535.431	982639.2635
4+400	2566372.949	968115.672	86+300	2513222.71	998896.2882	168+200	2443440.874	982670.3078
4+500	2566331.388	968206.0082	86+400	2513137.42	998845.1994	168+300	2443346.316	982701.3522
4+600	2566289.828	968296.3444	86+500	2513055.926	998788.1853	168+400	2443251.758	982732.3967
4+700	2566248.268	968386.6807	86+600	2512974.866	998730.5477	168+500	2443157.2	982763.4413
4+800	2566206.708	968477.0169	86+700	2512893.806	998672.9101	168+600	2443062.642	982794.486
4+900	2566165.149	968567.3532	86+800	2512812.746	998615.2724	168+700	2442968.085	982825.5308
5+000	2566123.589	968657.6895	86+900	2512731.686	998557.6347	168+800	2442873.527	982856.5757
5+100	2566082.029	968748.0258	87+000	2512650.626	998499.997	168+900	2442778.969	982887.6207
5+200	2566040.47	968838.3621	87+100	2512569.745	998442.1101	169+000	2442684.411	982918.6658
5+300	2565998.91	968928.6985	87+200	2512491.397	998380.8713	169+100	2442589.853	982949.711
5+400	2565957.351	969019.0349	87+300	2512418.234	998313.5342	169+200	2442495.295	982980.7562
5+500	2565915.792	969109.3713	87+400	2512350.929	998240.3415	169+300	2442400.737	983011.8016
5+600	2565874.233	969199.7077	87+500	2512289.952	998161.7985	169+400	2442306.18	983042.8471
5+700	2565832.674	969290.0441	87+600	2512235.722	998078.4539	169+500	2442211.622	983073.8926
5+800	2565791.115	969380.3806	87+700	2512188.618	997990.8841	169+600	2442117.064	983104.9383
5+900	2565749.557	969470.7171	87+800	2512148.968	997899.6969	169+700	2442022.506	983135.984
6+000	2565707.998	969561.0536	87+900	2512117.043	997805.5265	169+800	2441927.948	983167.0299
6+100	2565666.44	969651.3902	88+000	2512093.07	997709.0248	169+900	2441833.39	983198.0758
6+200	2565624.882	969741.7267	88+100	2512077.06	997610.8827	170+000	2441738.832	983229.1218
6+300	2565583.323	969832.0633	88+200	2512065.857	997512.0533	170+100	2441644.274	983260.1679
6+400	2565541.765	969922.3999	88+300	2512055.152	997413.1671	170+200	2441549.716	983291.2142
6+500	2565500.207	970012.7365	88+400	2512044.447	997314.2808	170+300	2441455.158	983322.2605
6+600	2565458.957	970103.213	88+500	2512033.742	997215.3945	170+400	2441360.6	983353.3069
6+700	2565420.995	970195.1076	88+600	2512023.037	997116.508	170+500	2441266.042	983384.3531
6+800	2565387.673	970288.7842	88+700	2512012.332	997017.6214	170+600	2441171.391	983415.1118
6+900	2565359.074	970384.009	88+800	2512001.627	996918.7348	170+700	2441076.293	983444.4567
7+000	2565335.27	970480.5442	88+900	2511990.594	996819.8849	170+800	2440980.517	983471.5043
7+100	2565316.321	970578.1485	89+000	2511977.016	996721.3561	170+900	2440884.095	983496.1494
7+200	2565301.924	970676.532	89+100	2511960.162	996623.3345	171+000	2440787.087	983518.3764
7+300	2565288.869	970775.1082	89+200	2511940.051	996525.9289	171+100	2440689.553	983538.1716
7+400	2565275.815	970873.6845	89+300	2511916.845	996429.2124	171+200	2440591.558	983555.5387
7+500	2565262.762	970972.2608	89+400	2511892.477	996332.7787	171+300	2440493.251	983571.0539
7+600	2565249.708	971070.837	89+500	2511868.1	996236.3472	171+400	2440394.848	983585.957
7+700	2565236.655	971169.4132	89+600	2511843.723	996139.9156	171+500	2440296.443	983600.8425
7+800	2565223.602	971267.9893	89+700	2511819.346	996043.4839	171+600	2440198.038	983615.728
7+900	2565210.548	971366.5654	89+800	2511794.969	995947.0521	171+700	2440099.632	983630.6136
8+000	2565197.495	971465.1414	89+900	2511770.592	995850.6202	171+800	2440001.227	983645.4993
8+100	2565184.442	971563.7174	90+000	2511746.216	995754.1882	171+900	2439902.821	983660.3851
8+200	2565171.39	971662.2933	90+100	2511721.839	995657.7561	172+000	2439804.416	983675.271
8+300	2565158.337	971760.8692	90+200	2511697.462	995561.324	172+100	2439706.01	983690.157
8+400	2565145.284	971859.445	90+300	2511673.085	995464.8917	172+200	2439607.605	983705.043
8+500	2565132.232	971958.0208	90+400	2511648.709	995368.4593	172+300	2439509.199	983719.9292
8+600	2565119.179	972056.5965	90+500	2511624.332	995272.0268	172+400	2439410.793	983734.8154
8+700	2565106.127	972155.1722	90+600	2511599.956	995175.5943	172+500	2439312.388	983749.7017
8+800	2565093.075	972253.7479	90+700	2511575.579	995079.1616	172+600	2439213.982	983764.5881
8+900	2565080.023	972352.3235	90+800	2511551.203	994982.7288	172+700	2439115.576	983779.4746
9+000	2565066.971	972450.899	90+900	2511526.826	994886.296	172+800	2439017.17	983794.3612
9+100	2565053.919	972549.4745	91+000	2511502.45	994789.863	172+900	2438918.765	983809.2478
9+200	2565040.867	972648.05	91+100	2511478.073	994693.4299	173+000	2438820.359	983824.1346
9+300	2565027.816	972746.6254	91+200	2511453.697	994596.9968	173+100	2438721.953	983839.0214
9+400	2565014.764	972845.2008	91+300	2511428.895	994500.6729	173+200	2438623.547	983853.9083
9+500	2565001.713	972943.7761	91+400	2511401.719	994404.9956	173+300	2438525.141	983868.7953
9+600	2564988.661	973042.3514	91+500	2511371.376	994310.275	173+400	2438426.735	983883.6824
9+700	2564975.61	973140.9266	91+600	2511337.893	994216.618	173+500	2438328.329	983898.5696
9+800	2564962.559	973239.5018	91+700	2511301.307	994124.1291	173+600	2438229.923	983913.4568
9+900	2564949.508	973338.0769	91+800	2511261.66	994032.9104	173+700	2438131.516	983928.3442
10+000	2564936.457	973436.652	91+900	2511218.994	993943.064	173+800	2438033.11	983943.2316
10+100	2564923.406	973535.227	92+000	2511173.358	993854.6891	173+900	2437934.704	983958.1192
10+200	2564910.356	973633.802	92+100	2511124.822	993767.8724	174+000	2437836.298	983973.0068
10+300	2564897.305	973732.377	92+200	2511074.364	993682.1539	174+100	2437737.892	983987.8945
10+400	2564884.255	973830.9519	92+300	2511023.651	993596.5857	174+200	2437639.485	984002.7822
10+500	2564871.204	973929.5268	92+400	2510972.938	993511.0173	174+300	2437541.079	984017.6701
10+600	2564858.154	974028.1016	92+500	2510922.224	993425.4489	174+400	2437442.672	984032.5581
10+700	2564845.104	974126.6763	92+600	2510871.511	993339.8804	174+500	2437344.266	984047.4461
10+800	2564832.054	974225.251	92+700	2510820.797	993254.3117	174+600	2437245.859	984062.3342
10+900	2564819.004	974323.8257	92+800	2510770.084	993168.743	174+700	2437147.453	984077.2224
11+000	2564805.954	974422.4003	92+900	2510719.37	993083.1741	174+800	2437049.046	984092.1107
11+100	2564792.904	974520.9749	93+000	2510668.657	992997.6052	174+900	2436950.606	984106.7697
11+200	2564779.855	974619.5494	93+100	2510617.886	992912.0702	175+000	2436851.978	984120.1026
11+300	2564766.805	974718.1239	93+200	2510566.547	992826.8752	175+100	2436753.105	984131.4804

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
11+400	2564753.756	974816.6984	93+300	2510514.5	992742.1109	175+200	2436654.025	984140.8784
11+500	2564740.707	974915.2728	93+400	2510461.793	992657.7549	175+300	2436554.795	984148.5478
11+600	2564727.658	975013.8471	93+500	2510408.924	992573.5003	175+400	2436455.519	984155.6051
11+700	2564714.608	975112.4214	93+600	2510356.054	992489.2456	175+500	2436356.241	984162.6463
11+800	2564701.56	975210.9957	93+700	2510303.185	992404.9908	175+600	2436256.964	984169.6876
11+900	2564688.511	975309.5699	93+800	2510250.316	992320.7359	175+700	2436157.686	984176.7289
12+000	2564675.462	975408.144	93+900	2510197.446	992236.4809	175+800	2436058.408	984183.7703
12+100	2564662.413	975506.7181	94+000	2510144.577	992152.2257	175+900	2435959.131	984190.8119
12+200	2564649.365	975605.2922	94+100	2510091.707	992067.9705	176+000	2435859.853	984197.8534
12+300	2564636.316	975703.8662	94+200	2510038.838	991983.7152	176+100	2435760.575	984204.8951
12+400	2564623.268	975802.4402	94+300	2509985.968	991899.4598	176+200	2435661.298	984211.9368
12+500	2564610.22	975901.0142	94+400	2509933.099	991815.2042	176+300	2435562.02	984218.9787
12+600	2564597.172	975999.588	94+500	2509880.229	991730.9486	176+400	2435462.742	984226.0206
12+700	2564584.124	976098.1619	94+600	2509827.36	991646.6929	176+500	2435363.464	984233.0626
12+800	2564571.076	976196.7357	94+700	2509774.49	991562.4371	176+600	2435264.186	984240.1046
12+900	2564558.028	976295.3094	94+800	2509721.62	991478.1811	176+700	2435164.908	984247.1468
13+000	2564544.981	976393.8831	94+900	2509668.755	991393.9223	176+800	2435065.63	984254.189
13+100	2564531.933	976492.4568	95+000	2509616.292	991309.4132	176+900	2434966.352	984261.2313
13+200	2564518.886	976591.0304	95+100	2509565.219	991224.0578	177+000	2434867.073	984268.2736
13+300	2564505.838	976689.604	95+200	2509515.862	991137.6982	177+100	2434767.795	984275.3161
13+400	2564492.791	976788.1775	95+300	2509468.243	991050.3689	177+200	2434668.517	984282.3586
13+500	2564479.744	976886.7509	95+400	2509422.379	990962.1046	177+300	2434569.239	984289.4013
13+600	2564466.697	976985.3244	95+500	2509378.29	990872.9405	177+400	2434469.96	984296.4439
13+700	2564453.65	977083.8978	95+600	2509335.993	990782.9127	177+500	2434370.682	984303.4867
13+800	2564440.603	977182.4711	95+700	2509295.498	990692.0595	177+600	2434271.403	984310.5296
13+900	2564427.557	977281.0444	95+800	2509256.364	990600.6105	177+700	2434172.125	984317.5725
14+000	2564414.51	977379.6176	95+900	2509217.538	990509.03	177+800	2434072.846	984324.6155
14+100	2564401.464	977478.1908	96+000	2509178.712	990417.4492	177+900	2433973.567	984331.6586
14+200	2564388.417	977576.764	96+100	2509139.824	990325.8947	178+000	2433874.289	984338.7018
14+300	2564375.371	977675.3371	96+200	2509100.093	990234.704	178+100	2433775.01	984345.745
14+400	2564362.325	977773.9102	96+300	2509058.646	990144.2806	178+200	2433675.731	984352.7891
14+500	2564349.279	977872.4832	96+400	2509015.4	990054.7039	178+300	2433576.478	984360.1787
14+600	2564336.233	977971.0561	96+500	2508970.37	989966.0099	178+400	2433477.348	984369.0628
14+700	2564323.187	978069.6291	96+600	2508923.576	989878.2342	178+500	2433378.416	984379.9209
14+800	2564309.577	978168.123	96+700	2508875.213	989791.3118	178+600	2433279.72	984392.7557
14+900	2564289.517	978265.4698	96+800	2508826.24	989704.7311	178+700	2433181.3	984407.5622
15+000	2564259.902	978360.3476	96+900	2508777.242	989618.1634	178+800	2433083.197	984424.3335
15+100	2564224.184	978453.1403	97+000	2508728.245	989531.5956	178+900	2432985.448	984443.0635
15+200	2564187.966	978545.7418	97+100	2508679.248	989445.0278	179+000	2432888.093	984463.7453
15+300	2564151.748	978638.3432	97+200	2508630.251	989358.4598	179+100	2432791.172	984486.3695
15+400	2564115.53	978730.9447	97+300	2508581.254	989271.8917	179+200	2432694.722	984510.9273
15+500	2564079.313	978823.5462	97+400	2508532.257	989185.3236	179+300	2432598.779	984537.3976
15+600	2564043.095	978916.1477	97+500	2508483.211	989098.7828	179+400	2432503.221	984565.2273
15+700	2564006.878	979008.7492	97+600	2508433.41	989012.6759	179+500	2432407.74	984593.3254
15+800	2563970.66	979101.3507	97+700	2508381.679	988927.717	179+600	2432312.26	984621.4236
15+900	2563934.443	979193.9522	97+800	2508327.247	988844.4645	179+700	2432216.779	984649.522
16+000	2563898.226	979286.5538	97+900	2508270.062	988763.0778	179+800	2432121.299	984677.6205
16+100	2563862.009	979379.1553	98+000	2508210.209	988683.6326	179+900	2432025.819	984705.7191
16+200	2563825.793	979471.7568	98+100	2508147.729	988606.2363	180+000	2431930.338	984733.8177
16+300	2563789.576	979564.3584	98+200	2508082.709	988530.9607	180+100	2431834.858	984761.9165
16+400	2563753.359	979656.96	98+300	2508015.223	988457.8885	180+200	2431739.377	984790.0153
16+500	2563717.143	979749.5616	98+400	2507945.327	988387.1179	180+300	2431643.897	984818.1142
16+600	2563680.927	979842.1631	98+500	2507873.121	988318.7044	180+400	2431548.416	984846.2133
16+700	2563644.71	979934.7648	98+600	2507798.67	988252.7423	180+500	2431452.936	984874.3124
16+800	2563608.494	980027.3664	98+700	2507722.061	988189.2979	180+600	2431357.455	984902.4116
16+900	2563572.278	980119.968	98+800	2507643.39	988128.4303	180+700	2431261.975	984930.5109
17+000	2563536.063	980212.5696	98+900	2507562.719	988070.2377	180+800	2431166.494	984958.6103
17+100	2563499.847	980305.1713	99+000	2507480.163	988014.7528	180+900	2431071.014	984986.7098
17+200	2563463.631	980397.7729	99+100	2507395.802	987962.052	181+000	2430975.533	985014.8093
17+300	2563427.416	980490.3746	99+200	2507309.728	987912.198	181+100	2430880.053	985042.909
17+400	2563391.2	980582.9762	99+300	2507222.047	987865.2263	181+200	2430784.572	985071.0088
17+500	2563354.985	980675.5779	99+400	2507132.842	987821.22	181+300	2430689.091	985099.1086
17+600	2563318.77	980768.1796	99+500	2507042.223	987780.2021	181+400	2430593.611	985127.2086
17+700	2563282.555	980860.7813	99+600	2506950.289	987742.2227	181+500	2430498.13	985155.3086
17+800	2563246.34	980953.383	99+700	2506857.136	987707.3413	181+600	2430402.65	985183.4087
17+900	2563210.125	981045.9847	99+800	2506762.877	987675.5689	181+700	2430307.169	985211.509
18+000	2563173.91	981138.5865	99+900	2506667.607	987646.9673	181+800	2430211.688	985239.6093
18+100	2563137.696	981231.1882	100+000	2506571.439	987621.5537	181+900	2430116.208	985267.7097
18+200	2563101.481	981323.79	100+100	2506474.479	987599.348	182+000	2430020.727	985295.8102
18+300	2563065.267	981416.3917	100+200	2506376.828	987580.4064	182+100	2429925.246	985323.9108
18+400	2563029.053	981508.9935	100+300	2506278.603	987564.7144	182+200	2429829.766	985352.0115
18+500	2562992.839	981601.5953	100+400	2506179.909	987552.3098	182+300	2429734.285	985380.1122
18+600	2562956.625	981694.1971	100+500	2506080.856	987543.2054	182+400	2429638.804	985408.2131

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
18+700	2562920.411	981786.7989	100+600	2505981.556	987537.3915	182+500	2429543.323	985436.3141
18+800	2562883.923	981879.2924	100+700	2505882.116	987534.9124	182+600	2429447.843	985464.4151
18+900	2562845.789	981971.1185	100+800	2505782.648	987535.7359	182+700	2429352.362	985492.5162
19+000	2562805.974	982062.2289	100+900	2505683.263	987539.8658	182+800	2429256.881	985520.6175
19+100	2562765.826	982153.1938	101+000	2505584.043	987546.9645	182+900	2429161.4	985548.7173
19+200	2562725.677	982244.1588	101+100	2505484.959	987555.7771	183+000	2429065.812	985576.4511
19+300	2562685.529	982335.1238	101+200	2505385.914	987565.027	183+100	2428969.808	985602.7026
19+400	2562645.702	982426.229	101+300	2505286.869	987574.2805	183+200	2428873.299	985627.0334
19+500	2562607.549	982518.0467	101+400	2505187.824	987583.5341	183+300	2428776.323	985649.4297
19+600	2562571.014	982610.5214	101+500	2505088.779	987592.7878	183+400	2428678.918	985669.8824
19+700	2562534.722	982703.0925	101+600	2504989.734	987602.0416	183+500	2428581.124	985688.3828
19+800	2562498.431	982795.6636	101+700	2504890.689	987611.2955	183+600	2428482.979	985704.9233
19+900	2562462.14	982888.2347	101+800	2504791.644	987620.5495	183+700	2428384.523	985719.4981
20+000	2562425.849	982980.8059	101+900	2504692.599	987629.8035	183+800	2428285.796	985732.1014
20+100	2562389.558	983073.377	102+000	2504593.553	987639.0576	183+900	2428186.835	985742.7281
20+200	2562353.267	983165.9481	102+100	2504494.508	987648.3118	184+000	2428087.683	985751.3736
20+300	2562316.976	983258.5193	102+200	2504395.463	987657.5661	184+100	2427988.377	985758.0337
20+400	2562280.685	983351.0905	102+300	2504296.417	987666.8205	184+200	2427888.958	985762.7176
20+500	2562244.395	983443.6616	102+400	2504197.372	987676.0749	184+300	2427789.48	985765.9583
20+600	2562208.104	983536.2328	102+500	2504098.326	987685.3295	184+400	2427689.992	985768.8973
20+700	2562171.814	983628.804	102+600	2503999.28	987694.5841	184+500	2427590.505	985771.8361
20+800	2562135.524	983721.3752	102+700	2503900.235	987703.8388	184+600	2427491.017	985774.775
20+900	2562099.234	983813.9464	102+800	2503801.189	987713.0936	184+700	2427391.529	985777.714
21+000	2562062.944	983906.5177	102+900	2503702.143	987722.3485	184+800	2427292.042	985780.653
21+100	2562026.654	983999.0889	103+000	2503603.097	987731.6034	184+900	2427192.554	985783.5922
21+200	2561990.364	984091.6602	103+100	2503504.051	987740.8584	185+000	2427093.066	985786.5313
21+300	2561954.074	984184.2314	103+200	2503405.005	987750.1136	185+100	2426993.578	985789.4706
21+400	2561917.785	984276.8027	103+300	2503305.959	987759.3688	185+200	2426894.09	985792.41
21+500	2561881.495	984369.374	103+400	2503206.913	987768.624	185+300	2426794.602	985795.3494
21+600	2561845.206	984461.9453	103+500	2503107.843	987777.6198	185+400	2426695.114	985798.2889
21+700	2561808.917	984554.5166	103+600	2503008.657	987785.2095	185+500	2426595.626	985801.2284
21+800	2561772.628	984647.0879	103+700	2502909.319	987790.4312	185+600	2426496.138	985804.1681
21+900	2561736.339	984739.6592	103+800	2502809.881	987793.1683	185+700	2426396.649	985807.1078
22+000	2561700.05	984832.2306	103+900	2502710.406	987793.4187	185+800	2426297.161	985810.0476
22+100	2561663.761	984924.8019	104+000	2502610.956	987791.1826	185+900	2426197.673	985812.9874
22+200	2561627.473	985017.3733	104+100	2502511.585	987786.5974	186+000	2426098.184	985815.9274
22+300	2561591.184	985109.9446	104+200	2502412.284	987780.669	186+100	2425998.696	985818.8674
22+400	2561554.896	985202.516	104+300	2502312.996	987774.5152	186+200	2425899.207	985821.8075
22+500	2561518.607	985295.0874	104+400	2502213.708	987768.3615	186+300	2425799.719	985824.7476
22+600	2561482.319	985387.6588	104+500	2502114.42	987762.2078	186+400	2425700.23	985827.6879
22+700	2561446.031	985480.2302	104+600	2502015.132	987756.0543	186+500	2425600.742	985830.6282
22+800	2561409.743	985572.8016	104+700	2501915.844	987749.9007	186+600	2425501.253	985833.5685
22+900	2561373.455	985665.3731	104+800	2501816.556	987743.7473	186+700	2425401.764	985836.509
23+000	2561337.168	985757.9445	104+900	2501717.268	987737.5939	186+800	2425302.275	985839.4495
23+100	2561300.88	985850.516	105+000	2501617.979	987731.4405	186+900	2425202.786	985842.3901
23+200	2561264.593	985943.0874	105+100	2501518.691	987725.2872	187+000	2425103.297	985845.3308
23+300	2561228.305	986035.6589	105+200	2501419.402	987719.134	187+100	2425003.808	985848.2716
23+400	2561192.018	986128.2304	105+300	2501320.114	987712.9808	187+200	2424904.318	985851.1778
23+500	2561155.731	986220.8019	105+400	2501220.825	987706.8277	187+300	2424804.806	985853.1354
23+600	2561119.444	986313.3734	105+500	2501121.536	987700.6747	187+400	2424705.281	985852.4117
23+700	2561083.157	986405.9449	105+600	2501022.247	987694.5217	187+500	2424605.835	985848.3803
23+800	2561046.87	986498.5164	105+700	2500922.958	987688.3688	187+600	2424506.578	985841.0372
23+900	2561010.626	986591.1045	105+800	2500823.669	987682.2159	187+700	2424407.621	985830.3905
24+000	2560974.408	986683.7028	105+900	2500724.38	987676.0631	187+800	2424309.073	985816.452
24+100	2560938.19	986776.3013	106+000	2500625.091	987669.9103	187+900	2424211.045	985799.2372
24+200	2560901.972	986868.8997	106+100	2500525.801	987663.7576	188+000	2424113.645	985778.7651
24+300	2560865.754	986961.4981	106+200	2500426.512	987657.605	188+100	2424016.981	985755.0584
24+400	2560829.537	987054.0966	106+300	2500327.223	987651.4525	188+200	2423921.161	985728.1417
24+500	2560793.32	987146.695	106+400	2500227.933	987645.2999	188+300	2423826.292	985698.0467
24+600	2560757.102	987239.2935	106+500	2500128.643	987639.1475	188+400	2423732.478	985664.807
24+700	2560720.885	987331.8919	106+600	2500029.354	987632.9951	188+500	2423639.824	985628.4594
24+800	2560684.668	987424.4904	106+700	2499930.064	987626.8428	188+600	2423548.432	985589.0442
24+900	2560648.451	987517.0889	106+800	2499830.774	987620.6905	188+700	2423458.405	985546.6054
25+000	2560612.234	987609.6874	106+900	2499731.484	987614.5383	188+800	2423369.841	985501.1899
25+100	2560576.017	987702.2859	107+000	2499632.194	987608.3862	188+900	2423282.805	985452.9112
25+200	2560539.801	987794.8845	107+100	2499532.903	987602.2341	189+000	2423196.828	985402.7622
25+300	2560503.584	987887.483	107+200	2499433.613	987596.082	189+100	2423111.089	985352.2072
25+400	2560467.368	987980.0816	107+300	2499334.323	987589.9301	189+200	2423025.351	985301.6513
25+500	2560431.152	988072.6801	107+400	2499235.032	987583.7782	189+300	2422939.612	985251.0954
25+600	2560394.936	988165.2787	107+500	2499135.742	987577.6263	189+400	2422853.873	985200.5395
25+700	2560358.72	988257.8773	107+600	2499036.451	987571.4745	189+500	2422768.134	985149.9836
25+800	2560322.504	988350.4759	107+700	2498937.161	987565.3228	189+600	2422682.395	985099.4277
25+900	2560286.288	988443.0745	107+800	2498837.87	987559.1711	189+700	2422596.656	985048.8717

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
26+000	2560250.072	988535.6731	107+900	2498738.579	987553.0195	189+800	2422510.917	984998.3158
26+100	2560213.857	988628.2717	108+000	2498639.288	987546.868	189+900	2422425.177	984947.7598
26+200	2560177.641	988720.8704	108+100	2498539.997	987540.7165	190+000	2422339.438	984897.2038
26+300	2560141.426	988813.469	108+200	2498440.706	987534.565	190+100	2422253.698	984846.6478
26+400	2560105.21	988906.0677	108+300	2498341.415	987528.4137	190+200	2422167.959	984796.0917
26+500	2560068.995	988998.6663	108+400	2498242.124	987522.2624	190+300	2422082.219	984745.5357
26+600	2560032.78	989091.265	108+500	2498142.833	987516.096	190+400	2421996.479	984694.9796
26+700	2559996.565	989183.8637	108+600	2498043.582	987509.3287	190+500	2421910.858	984644.2239
26+800	2559960.351	989276.4624	108+700	2497944.465	987500.8389	190+600	2421826.312	984591.7037
26+900	2559924.136	989369.0611	108+800	2497845.536	987490.3808	190+700	2421743.542	984536.4274
27+000	2559887.921	989461.6598	108+900	2497746.764	987478.5196	190+800	2421662.66	984478.423
27+100	2559851.707	989554.2586	109+000	2497648.025	987466.3807	190+900	2421583.756	984417.7553
27+200	2559815.493	989646.8573	109+100	2497549.286	987454.2418	191+000	2421506.918	984354.4917
27+300	2559779.278	989739.4561	109+200	2497450.547	987442.1029	191+100	2421431.968	984288.9978
27+400	2559743.064	989832.0548	109+300	2497351.808	987429.9641	191+200	2421357.626	984222.8113
27+500	2559706.85	989924.6536	109+400	2497253.069	987417.8254	191+300	2421283.291	984156.6169
27+600	2559670.636	990017.2524	109+500	2497154.33	987405.6867	191+400	2421208.956	984090.4225
27+700	2559634.423	990109.8512	109+600	2497055.591	987393.548	191+500	2421134.621	984024.228
27+800	2559598.209	990202.45	109+700	2496956.851	987381.4094	191+600	2421060.286	983958.0334
27+900	2559561.996	990295.0489	109+800	2496858.112	987369.2708	191+700	2420985.95	983891.8388
28+000	2559525.782	990387.6477	109+900	2496759.372	987357.1323	191+800	2420911.615	983825.6442
28+100	2559489.569	990480.2465	110+000	2496660.633	987344.9938	191+900	2420837.28	983759.4495
28+200	2559453.356	990572.8454	110+100	2496561.893	987332.8554	192+000	2420762.944	983693.2547
28+300	2559417.143	990665.4443	110+200	2496463.153	987320.7171	192+100	2420688.609	983627.06
28+400	2559380.93	990758.0431	110+300	2496364.413	987308.5788	192+200	2420614.273	983560.8651
28+500	2559344.717	990850.642	110+400	2496265.673	987296.4405	192+300	2420539.937	983494.6702
28+600	2559308.504	990943.2409	110+500	2496166.933	987284.3023	192+400	2420465.602	983428.4753
28+700	2559272.291	991035.8398	110+600	2496068.193	987272.1641	192+500	2420391.266	983362.2803
28+800	2559236.079	991128.4388	110+700	2495969.453	987260.026	192+600	2420316.93	983296.0853
28+900	2559199.866	991221.0377	110+800	2495870.712	987247.8879	192+700	2420242.594	983229.8902
29+000	2559163.654	991313.6366	110+900	2495771.972	987235.7499	192+800	2420168.258	983163.695
29+100	2559127.442	991406.2356	111+000	2495673.231	987223.612	192+900	2420093.922	983097.4999
29+200	2559091.23	991498.8346	111+100	2495574.507	987211.3404	193+000	2420019.585	983031.3046
29+300	2559055.018	991591.4335	111+200	2495475.931	987197.9396	193+100	2419945.249	982965.1093
29+400	2559018.693	991683.9875	111+300	2495377.71	987182.1624	193+200	2419870.913	982898.914
29+500	2558977.135	991774.2981	111+400	2495279.977	987163.5948	193+300	2419796.576	982832.7186
29+600	2558937.443	991865.4196	111+500	2495182.816	987142.2373	193+400	2419722.239	982766.5232
29+700	2558901.179	991957.9978	111+600	2495086.305	987118.1135	193+500	2419647.903	982700.3277
29+800	2558864.914	992050.5761	111+700	2494990.521	987091.2433	193+600	2419573.566	982634.1322
29+900	2558828.65	992143.1544	111+800	2494895.544	987061.6485	193+700	2419499.229	982567.9366
30+000	2558792.386	992235.7327	111+900	2494801.451	987029.3532	193+800	2419424.892	982501.741
30+100	2558756.122	992328.3109	112+000	2494708.319	986994.3837	193+900	2419350.556	982435.5453
30+200	2558719.864	992420.8917	112+100	2494616.223	986956.7686	194+000	2419276.219	982369.3496
30+300	2558688.053	992515.0532	112+200	2494525.239	986916.5385	194+100	2419201.881	982303.1538
30+400	2558659.404	992610.2638	112+300	2494435.441	986873.7263	194+200	2419127.544	982236.958
30+500	2558630.247	992705.3163	112+400	2494346.905	986828.3614	194+300	2419053.207	982170.7622
30+600	2558594.819	992798.1978	112+500	2494259.701	986780.486	194+400	2418978.883	982104.5507
30+700	2558556.215	992889.8107	112+600	2494173.9	986730.1396	194+500	2418905.487	982037.318
30+800	2558510.755	992978.2041	112+700	2494089.572	986677.3632	194+600	2418834.304	981967.7474
30+900	2558458.095	993062.5068	112+800	2494006.785	986622.1998	194+700	2418765.48	981895.8431
31+000	2558398.759	993142.2601	112+900	2493925.607	986564.6945	194+800	2418699.089	981821.685
31+100	2558337.203	993220.3405	113+000	2493846.105	986504.8941	194+900	2418635.208	981745.3554
31+200	2558275.646	993298.4211	113+100	2493768.343	986442.8474	195+000	2418573.905	981666.9392
31+300	2558214.089	993376.5016	113+200	2493692.385	986378.6051	195+100	2418515.25	981586.5235
31+400	2558152.533	993454.5823	113+300	2493618.296	986312.2153	195+200	2418459.307	981504.1976
31+500	2558090.977	993532.663	113+400	2493546.134	986243.7358	195+300	2418406.139	981420.0529
31+600	2558029.42	993610.7438	113+500	2493475.957	986173.2233	195+400	2418355.804	981334.183
31+700	2557967.864	993688.8247	113+600	2493407.823	986100.7352	195+500	2418308.36	981246.6832
31+800	2557906.308	993766.9056	113+700	2493341.786	986026.3306	195+600	2418263.857	981157.6507
31+900	2557844.752	993844.9866	113+800	2493277.902	985950.0703	195+700	2418222.268	981067.2198
32+000	2557783.196	993923.0677	113+900	2493216.176	985872.0516	195+800	2418181.993	980976.1914
32+100	2557721.64	994001.1488	114+000	2493156.03	985792.8057	195+900	2418141.743	980885.1523
32+200	2557660.085	994079.2301	114+100	2493096.432	985713.1462	196+000	2418101.493	980794.1131
32+300	2557598.529	994157.3114	114+200	2493036.854	985633.4712	196+100	2418061.242	980703.0739
32+400	2557536.974	994235.3927	114+300	2492977.276	985553.796	196+200	2418020.992	980612.0345
32+500	2557475.418	994313.4742	114+400	2492917.698	985474.1208	196+300	2417980.741	980520.9951
32+600	2557414.574	994392.1087	114+500	2492858.119	985394.4455	196+400	2417940.492	980429.9552
32+700	2557354.446	994471.2943	114+600	2492798.541	985314.77	196+500	2417901.284	980338.4652
32+800	2557294.317	994550.48	114+700	2492738.963	985235.0945	196+600	2417865.052	980245.758
32+900	2557234.189	994629.6657	114+800	2492679.385	985155.4189	196+700	2417830.655	980152.3492
33+000	2557174.06	994708.8506	114+900	2492619.807	985075.7432	196+800	2417796.312	980058.9207
33+100	2557112.98	994787.2999	115+000	2492560.228	984996.0674	196+900	2417761.968	979965.4921
33+200	2557050.3	994864.4819	115+100	2492500.65	984916.3915	197+000	2417725.805	979872.7675

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
33+300	2556987.554	994941.6094	115+200	2492441.072	984836.7156	197+100	2417681.762	979783.5465
33+400	2556924.807	995018.7371	115+300	2492381.493	984757.0395	197+200	2417629.032	979699.1679
33+500	2556862.061	995095.8648	115+400	2492321.915	984677.3634	197+300	2417569.139	979619.6801
33+600	2556799.314	995172.9925	115+500	2492262.336	984597.6871	197+400	2417507.638	979541.4102
33+700	2556736.968	995250.4425	115+600	2492202.757	984518.0108	197+500	2417446.137	979463.1404
33+800	2556675.262	995328.4053	115+700	2492143.179	984438.3343	197+600	2417384.637	979384.8706
33+900	2556613.558	995406.3694	115+800	2492083.6	984358.6578	197+700	2417323.136	979306.6007
34+000	2556551.854	995484.3336	115+900	2492024.021	984278.9812	197+800	2417261.635	979228.3307
34+100	2556490.15	995562.2979	116+000	2491964.443	984199.3045	197+900	2417200.134	979150.0606
34+200	2556428.501	995640.3057	116+100	2491904.864	984119.6277	198+000	2417138.633	979071.7905
34+300	2556366.992	995718.4233	116+200	2491845.285	984039.9508	198+100	2417077.132	978993.5203
34+400	2556305.484	995796.5425	116+300	2491785.706	983960.2738	198+200	2417015.631	978915.25
34+500	2556243.977	995874.6617	116+400	2491726.127	983880.5967	198+300	2416954.13	978836.9796
34+600	2556182.469	995952.781	116+500	2491666.548	983800.9196	198+400	2416892.631	978758.7074
34+700	2556120.962	996030.9004	116+600	2491606.969	983721.2423	198+500	2416832.16	978679.6423
34+800	2556059.454	996109.0199	116+700	2491547.39	983641.565	198+600	2416772.796	978599.739
34+900	2555997.947	996187.1394	116+800	2491487.832	983561.8715	198+700	2416713.436	978519.832
35+000	2555936.44	996265.259	116+900	2491428.828	983481.7679	198+800	2416654.076	978439.9251
35+100	2555874.933	996343.3787	117+000	2491371.402	983400.5279	198+900	2416594.716	978360.018
35+200	2555813.426	996421.4985	117+100	2491316.016	983317.8833	199+000	2416535.356	978280.1108
35+300	2555751.919	996499.6183	117+200	2491262.705	983233.8853	199+100	2416475.996	978200.2036
35+400	2555690.412	996577.7382	117+300	2491211.039	983148.8632	199+200	2416416.635	978120.2963
35+500	2555628.906	996655.8581	117+400	2491159.958	983063.4877	199+300	2416357.275	978040.389
35+600	2555567.399	996733.9782	117+500	2491108.898	982978.0989	199+400	2416297.915	977960.4815
35+700	2555505.893	996812.0983	117+600	2491057.839	982892.7099	199+500	2416238.555	977880.574
35+800	2555444.386	996890.2185	117+700	2491006.78	982807.3208	199+600	2416179.194	977800.6664
35+900	2555382.88	996968.3387	117+800	2490955.72	982721.9317	199+700	2416119.834	977720.7588
36+000	2555321.373	997046.459	117+900	2490904.661	982636.5424	199+800	2416060.473	977640.851
36+100	2555259.867	997124.5794	118+000	2490853.601	982551.153	199+900	2416001.113	977560.9432
36+200	2555198.361	997202.6999	118+100	2490802.542	982465.7636	200+000	2415941.752	977481.0353
36+300	2555136.855	997280.8204	118+200	2490751.482	982380.374	200+100	2415882.391	977401.1273
36+400	2555075.349	997358.941	118+300	2490700.423	982294.9844	200+200	2415823.031	977321.2193
36+500	2555013.843	997437.0617	118+400	2490649.363	982209.5946	200+300	2415763.67	977241.3112
36+600	2554952.338	997515.1825	118+500	2490598.303	982124.205	200+400	2415704.309	977161.403
36+700	2554890.832	997593.3033	118+600	2490546.97	982038.9798	200+500	2415644.948	977081.4947
36+800	2554829.326	997671.4242	118+700	2490494.323	981954.5619	200+600	2415585.587	977001.5864
36+900	2554767.85	997749.5681	118+800	2490439.29	981871.682	200+700	2415526.226	976921.678
37+000	2554706.55	997827.8503	118+900	2490381.53	981790.6791	200+800	2415466.865	976841.7695
37+100	2554645.271	997906.1491	119+000	2490321.103	981711.6459	200+900	2415407.504	976761.8609
37+200	2554583.992	997984.4481	119+100	2490258.076	981634.6703	201+000	2415348.143	976681.9523
37+300	2554522.714	998062.7471	119+200	2490192.518	981559.8378	201+100	2415288.782	976602.0435
37+400	2554461.435	998141.0462	119+300	2490124.503	981487.2314	201+200	2415229.421	976522.1348
37+500	2554400.157	998219.3453	119+400	2490054.106	981416.932	201+300	2415170.059	976442.2259
37+600	2554338.878	998297.6446	119+500	2489981.404	981349.0187	201+400	2415110.698	976362.3169
37+700	2554277.6	998375.9439	119+600	2489906.479	981283.5659	201+500	2415051.337	976282.4079
37+800	2554216.322	998454.2432	119+700	2489829.414	981220.6463	201+600	2414991.975	976202.4988
37+900	2554155.043	998532.5427	119+800	2489750.296	981160.3298	201+700	2414932.614	976122.5897
38+000	2554093.765	998610.8422	119+900	2489669.211	981102.6835	201+800	2414873.252	976042.6804
38+100	2554032.487	998689.1418	120+000	2489586.281	981047.7234	201+900	2414813.891	975962.7711
38+200	2553971.209	998767.4414	120+100	2489502.027	980994.8089	202+000	2414754.529	975882.8617
38+300	2553909.932	998845.7411	120+200	2489417.208	980942.8032	202+100	2414695.167	975802.9522
38+400	2553848.654	998924.0409	120+300	2489332.334	980890.8884	202+200	2414635.805	975723.0427
38+500	2553787.376	999002.3408	120+400	2489247.459	980838.9736	202+300	2414576.443	975643.1331
38+600	2553726.099	999080.6407	120+500	2489162.584	980787.0587	202+400	2414517.065	975563.2361
38+700	2553664.821	999158.9407	120+600	2489077.709	980735.1438	202+500	2414456.581	975484.1763
38+800	2553603.544	999237.2408	120+700	2488992.834	980683.2289	202+600	2414393.573	975407.1145
38+900	2553542.267	999315.541	120+800	2488907.958	980631.3139	202+700	2414328.031	975332.1962
39+000	2553480.989	999393.8412	120+900	2488823.083	980579.3989	202+800	2414260.029	975259.5032
39+100	2553419.712	999472.1415	121+000	2488738.207	980527.4839	202+900	2414189.642	975189.117
39+200	2553358.435	999550.4419	121+100	2488653.332	980475.5689	203+000	2414116.948	975121.1158
39+300	2553297.158	999628.7423	121+200	2488568.456	980423.6538	203+100	2414042.028	975055.5745
39+400	2553235.881	999707.0425	121+300	2488483.581	980371.7386	203+200	2413964.965	974992.5672
39+500	2553172.921	999783.9746	121+400	2488398.705	980319.8235	203+300	2413885.88	974932.1172
39+600	2553102.504	999854.0773	121+500	2488313.829	980267.9083	203+400	2413805.82	974872.9564
39+700	2553023.897	999914.8547	121+600	2488228.953	980215.9931	203+500	2413725.733	974813.8313
39+800	2552938.325	999965.3567	121+700	2488144.077	980164.0778	203+600	2413645.647	974754.7061
39+900	2552847.125	1000004.797	121+800	2488059.2	980112.1625	203+700	2413565.561	974695.5809
40+000	2552751.719	1000032.558	121+900	2487974.324	980060.2472	203+800	2413485.474	974636.4556
40+100	2552653.84	1000049.91	122+000	2487889.448	980008.3318	203+900	2413405.388	974577.3303
40+200	2552555.484	1000064.466	122+100	2487804.571	979956.4164	204+000	2413325.301	974518.205
40+300	2552457.126	1000079.014	122+200	2487719.694	979904.501	204+100	2413245.214	974459.0797
40+400	2552358.768	1000093.562	122+300	2487634.818	979852.5856	204+200	2413165.127	974399.9543
40+500	2552260.41	1000108.11	122+400	2487549.941	979800.6701	204+300	2413085.04	974340.8289

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
40+600	2552162.052	1000122.658	122+500	2487465.064	979748.7545	204+400	2413004.953	974281.7035
40+700	2552063.694	1000137.206	122+600	2487380.187	979696.839	204+500	2412924.866	974222.578
40+800	2551965.336	1000151.754	122+700	2487295.31	979644.9234	204+600	2412844.779	974163.4525
40+900	2551866.978	1000166.303	122+800	2487210.433	979593.0078	204+700	2412764.692	974104.327
41+000	2551768.619	1000180.851	122+900	2487125.555	979541.0921	204+800	2412684.604	974045.2014
41+100	2551670.261	1000195.399	123+000	2487040.678	979489.1764	204+900	2412604.517	973986.0758
41+200	2551571.902	1000209.948	123+100	2486955.745	979437.3522	205+000	2412524.429	973926.9502
41+300	2551473.544	1000224.497	123+200	2486870.264	979386.438	205+100	2412444.342	973867.8245
41+400	2551375.185	1000239.045	123+300	2486783.819	979337.1799	205+200	2412364.254	973808.6988
41+500	2551276.827	1000253.594	123+400	2486696.405	979289.6624	205+300	2412284.166	973749.5731
41+600	2551178.468	1000268.143	123+500	2486608.058	979243.9021	205+400	2412204.078	973690.4474
41+700	2551080.109	1000282.692	123+600	2486518.814	979199.9157	205+500	2412123.99	973631.3216
41+800	2550981.75	1000297.241	123+700	2486428.707	979157.7264	205+600	2412043.902	973572.1958
41+900	2550883.391	1000311.791	123+800	2486337.775	979117.3454	205+700	2411963.814	973513.0699
42+000	2550785.032	1000326.34	123+900	2486246.054	979078.7904	205+800	2411883.726	973453.9441
42+100	2550686.673	1000340.889	124+000	2486153.579	979042.0797	205+900	2411803.637	973394.8181
42+200	2550588.314	1000355.439	124+100	2486060.39	979007.2234	206+000	2411723.549	973335.6922
42+300	2550489.955	1000369.988	124+200	2485966.521	978974.2389	206+100	2411643.46	973276.5662
42+400	2550391.596	1000384.538	124+300	2485872.011	978943.1388	206+200	2411563.372	973217.4402
42+500	2550293.237	1000399.088	124+400	2485776.899	978913.9327	206+300	2411483.283	973158.3142
42+600	2550194.877	1000413.637	124+500	2485681.22	978886.6374	206+400	2411403.194	973099.1881
42+700	2550096.518	1000428.187	124+600	2485585.016	978861.2599	206+500	2411323.105	973040.062
42+800	2549998.158	1000442.737	124+700	2485488.323	978837.8097	206+600	2411243.016	972980.9359
42+900	2549899.799	1000457.287	124+800	2485391.18	978816.3014	206+700	2411162.794	972921.9919
43+000	2549801.439	1000471.838	124+900	2485293.629	978796.7224	206+800	2411081.815	972864.0907
43+100	2549703.079	1000486.388	125+000	2485195.812	978778.513	206+900	2411000.608	972806.5094
43+200	2549604.72	1000500.938	125+100	2485097.946	978760.5655	207+000	2410919.401	972748.928
43+300	2549506.36	1000515.489	125+200	2485000.081	978742.6181	207+100	2410838.194	972691.3466
43+400	2549408	1000530.039	125+300	2484902.215	978724.6708	207+200	2410756.987	972633.7651
43+500	2549309.64	1000544.59	125+400	2484804.349	978706.7234	207+300	2410675.779	972576.1836
43+600	2549211.28	1000559.141	125+500	2484706.483	978688.7762	207+400	2410594.572	972518.6021
43+700	2549112.92	1000573.691	125+600	2484608.617	978670.829	207+500	2410513.364	972461.0206
43+800	2549014.56	1000588.242	125+700	2484510.75	978652.8818	207+600	2410432.157	972403.439
43+900	2548916.251	1000603.132	125+800	2484412.884	978634.9346	207+700	2410350.949	972345.8574
44+000	2548818.693	1000622.231	125+900	2484315.018	978616.9875	207+800	2410269.741	972288.2758
44+100	2548722.856	1000648.631	126+000	2484217.151	978599.0405	207+900	2410188.533	972230.6942
44+200	2548629.332	1000682.318	126+100	2484119.284	978581.0934	208+000	2410107.325	972173.1125
44+300	2548538.672	1000723.092	126+200	2484021.418	978563.1465	208+100	2410026.117	972115.5308
44+400	2548451.415	1000770.713	126+300	2483923.551	978545.1995	208+200	2409944.909	972057.9491
44+500	2548367.537	1000824.091	126+400	2483825.684	978527.2526	208+300	2409863.701	972000.3673
44+600	2548284.715	1000879.11	126+500	2483727.817	978509.3058	208+400	2409782.492	971942.7856
44+700	2548201.901	1000934.14	126+600	2483629.95	978491.359	208+500	2409701.284	971885.2038
44+800	2548119.086	1000989.17	126+700	2483532.083	978473.4122	208+600	2409620.076	971827.6219
44+900	2548036.272	1001044.2	126+800	2483434.215	978455.4655	208+700	2409538.867	971770.0401
45+000	2547953.457	1001099.23	126+900	2483336.348	978437.5188	208+800	2409457.658	971712.4582
45+100	2547870.643	1001154.261	127+000	2483238.481	978419.5721	208+900	2409376.449	971654.8763
45+200	2547787.828	1001209.291	127+100	2483140.613	978401.6255	209+000	2409295.241	971597.2943
45+300	2547705.014	1001264.322	127+200	2483042.745	978383.679	209+100	2409214.032	971539.7123
45+400	2547622.199	1001319.353	127+300	2482944.878	978365.7324	209+200	2409132.823	971482.1303
45+500	2547539.385	1001374.383	127+400	2482847.01	978347.786	209+300	2409051.614	971424.5483
45+600	2547456.571	1001429.414	127+500	2482749.142	978329.8395	209+400	2408970.404	971366.9663
45+700	2547373.404	1001483.908	127+600	2482651.274	978311.8931	209+500	2408889.195	971309.3842
45+800	2547287.569	1001534.051	127+700	2482553.406	978293.9468	209+600	2408807.986	971251.8021
45+900	2547198.156	1001577.491	127+800	2482455.537	978276.0005	209+700	2408726.776	971194.2199
46+000	2547105.669	1001613.931	127+900	2482357.669	978258.0542	209+800	2408645.567	971136.6378
46+100	2547010.655	1001643.157	128+000	2482259.801	978240.108	209+900	2408564.357	971079.0556
46+200	2546913.676	1001664.994	128+100	2482161.932	978222.1618	210+000	2408483.147	971021.4734
46+300	2546815.31	1001679.357	128+200	2482064.064	978204.2156	210+100	2408401.937	970963.8911
46+400	2546716.309	1001688.574	128+300	2481966.195	978186.2695	210+200	2408320.727	970906.3089
46+500	2546617.245	1001697.115	128+400	2481868.326	978168.3235	210+300	2408239.517	970848.7266
46+600	2546518.18	1001705.657	128+500	2481770.457	978150.3775	210+400	2408158.307	970791.1443
46+700	2546419.116	1001714.199	128+600	2481672.588	978132.4315	210+500	2408077.097	970733.5619
46+800	2546320.051	1001722.74	128+700	2481574.719	978114.4856	210+600	2407995.887	970675.9795
46+900	2546220.986	1001731.282	128+800	2481476.85	978096.5397	210+700	2407914.676	970618.3971
47+000	2546121.921	1001739.824	128+900	2481378.981	978078.5938	210+800	2407833.466	970560.8147
47+100	2546022.856	1001748.366	129+000	2481281.111	978060.648	210+900	2407752.028	970503.5555
47+200	2545923.791	1001756.908	129+100	2481183.242	978042.7022	211+000	2407669.24	970448.2738
47+300	2545824.726	1001765.45	129+200	2481085.372	978024.7565	211+100	2407584.66	970395.7732
47+400	2545725.661	1001773.992	129+300	2480987.503	978006.8108	211+200	2407498.378	970346.1208
47+500	2545626.596	1001782.534	129+400	2480889.633	977988.8652	211+300	2407410.488	970299.3714
47+600	2545527.531	1001791.076	129+500	2480791.763	977970.9196	211+400	2407321.09	970255.577
47+700	2545428.465	1001799.619	129+600	2480693.893	977952.974	211+500	2407230.281	970214.7861
47+800	2545329.4	1001808.161	129+700	2480596.023	977935.0285	211+600	2407138.164	970177.0444

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
47+900	2545230.45	1001817.896	129+800	2480498.153	977917.0831	211+700	2407044.99	970141.9823
48+000	2545132.285	1001833.578	129+900	2480400.283	977899.1376	211+800	2406951.516	970107.7226
48+100	2545035.616	1001856.753	130+000	2480302.413	977881.1922	211+900	2406858.04	970073.4698
48+200	2544941.013	1001887.289	130+100	2480204.543	977863.2469	212+000	2406764.564	970039.217
48+300	2544849.037	1001925.004	130+200	2480106.672	977845.3016	212+100	2406671.088	970004.9642
48+400	2544760.231	1001969.676	130+300	2480008.802	977827.3563	212+200	2406577.611	969970.7114
48+500	2544674.57	1002020.149	130+400	2479910.931	977809.4111	212+300	2406484.135	969936.4587
48+600	2544589.85	1002072.202	130+500	2479813.06	977791.4659	212+400	2406390.658	969902.206
48+700	2544505.134	1002124.264	130+600	2479715.189	977773.5208	212+500	2406297.181	969867.9533
48+800	2544420.419	1002176.325	130+700	2479617.318	977755.5757	212+600	2406203.704	969833.7006
48+900	2544335.704	1002228.386	130+800	2479519.447	977737.6307	212+700	2406110.227	969799.4479
49+000	2544250.988	1002280.447	130+900	2479421.576	977719.6857	212+800	2406016.75	969765.1953
49+100	2544166.273	1002332.509	131+000	2479323.705	977701.7407	212+900	2405923.273	969730.9427
49+200	2544081.558	1002384.571	131+100	2479225.834	977683.7958	213+000	2405829.796	969696.6901
49+300	2543996.843	1002436.632	131+200	2479127.962	977665.8509	213+100	2405736.319	969662.4376
49+400	2543912.128	1002488.694	131+300	2479030.091	977647.9061	213+200	2405642.842	969628.185
49+500	2543827.412	1002540.756	131+400	2478932.219	977629.9613	213+300	2405549.364	969593.9325
49+600	2543742.697	1002592.818	131+500	2478834.348	977612.0165	213+400	2405455.887	969559.68
49+700	2543657.982	1002644.88	131+600	2478736.476	977594.0718	213+500	2405362.409	969525.4275
49+800	2543573.267	1002696.943	131+700	2478638.604	977576.1271	213+600	2405268.997	969490.997
49+900	2543488.552	1002749.005	131+800	2478540.732	977558.1825	213+700	2405176.281	969454.7447
50+000	2543403.837	1002801.068	131+900	2478442.86	977540.2379	213+800	2405084.803	969415.4722
50+100	2543319.122	1002853.13	132+000	2478344.988	977522.2934	213+900	2404994.641	969373.2651
50+200	2543234.407	1002905.193	132+100	2478247.116	977504.3489	214+000	2404905.202	969329.5384
50+300	2543149.692	1002957.256	132+200	2478149.243	977486.4044	214+100	2404815.813	969285.7095
50+400	2543064.977	1003009.319	132+300	2478051.371	977468.46	214+200	2404726.424	969241.8805
50+500	2542980.262	1003061.382	132+400	2477953.499	977450.5156	214+300	2404637.035	969198.0516
50+600	2542895.547	1003113.445	132+500	2477855.626	977432.5713	214+400	2404547.645	969154.2227
50+700	2542810.83	1003165.505	132+600	2477757.753	977414.627	214+500	2404458.256	969110.3937
50+800	2542726.046	1003217.455	132+700	2477659.88	977396.6828	214+600	2404368.866	969066.5648
50+900	2542641.16	1003269.239	132+800	2477562.008	977378.7386	214+700	2404279.476	969022.7359
51+000	2542556.238	1003320.965	132+900	2477464.135	977360.7944	214+800	2404190.087	968978.9069
51+100	2542471.317	1003372.691	133+000	2477366.262	977342.8503	214+900	2404100.697	968935.078
51+200	2542386.395	1003424.417	133+100	2477268.388	977324.9062	215+000	2404011.307	968891.2491
51+300	2542301.474	1003476.143	133+200	2477170.515	977306.9622	215+100	2403921.917	968847.4202
51+400	2542216.582	1003527.917	133+300	2477072.642	977289.0182	215+200	2403832.527	968803.5913
51+500	2542132.079	1003580.324	133+400	2476974.768	977271.0743	215+300	2403743.136	968759.7624
51+600	2542047.793	1003633.08	133+500	2476876.895	977253.1304	215+400	2403653.746	968715.9335
51+700	2541963.508	1003685.837	133+600	2476779.021	977235.1865	215+500	2403564.356	968672.1046
51+800	2541879.202	1003738.56	133+700	2476681.148	977217.2427	215+600	2403474.965	968628.2757
51+900	2541794.539	1003790.708	133+800	2476583.274	977199.2989	215+700	2403385.575	968584.4468
52+000	2541709.612	1003842.426	133+900	2476485.4	977181.3552	215+800	2403296.184	968540.6179
52+100	2541624.682	1003894.138	134+000	2476387.526	977163.4115	215+900	2403206.793	968496.789
52+200	2541539.752	1003945.851	134+100	2476289.652	977145.4678	216+000	2403117.402	968452.9601
52+300	2541454.821	1003997.563	134+200	2476191.778	977127.5242	216+100	2403028.011	968409.1313
52+400	2541369.891	1004049.275	134+300	2476093.903	977109.5807	216+200	2402938.62	968365.3024
52+500	2541284.961	1004100.988	134+400	2475996.029	977091.6371	216+300	2402849.229	968321.4735
52+600	2541200.03	1004152.7	134+500	2475898.155	977073.6937	216+400	2402759.838	968277.6447
52+700	2541115.1	1004204.413	134+600	2475800.28	977055.7502	216+500	2402670.447	968233.8158
52+800	2541030.17	1004256.126	134+700	2475702.406	977037.8068	216+600	2402581.055	968189.9869
52+900	2540945.239	1004307.839	134+800	2475604.531	977019.8635	216+700	2402491.664	968146.1581
53+000	2540860.309	1004359.552	134+900	2475506.656	977001.9202	216+800	2402402.272	968102.3292
53+100	2540775.379	1004411.265	135+000	2475408.781	976983.9769	216+900	2402312.88	968058.5004
53+200	2540690.449	1004462.978	135+100	2475310.906	976966.0337	217+000	2402223.488	968014.6716
53+300	2540605.519	1004514.691	135+200	2475213.031	976948.0905	217+100	2402134.097	967970.8427
53+400	2540520.588	1004566.405	135+300	2475115.156	976930.1474	217+200	2402044.705	967927.0139
53+500	2540435.66	1004618.12	135+400	2475017.281	976912.2043	217+300	2401955.313	967883.1851
53+600	2540350.793	1004669.938	135+500	2474919.405	976894.2612	217+400	2401865.92	967839.3562
53+700	2540265.986	1004721.853	135+600	2474821.53	976876.3182	217+500	2401776.528	967795.5274
53+800	2540181.179	1004773.77	135+700	2474723.654	976858.3753	217+600	2401687.136	967751.6986
53+900	2540096.373	1004825.687	135+800	2474625.779	976840.4324	217+700	2401597.743	967707.8698
54+000	2540011.567	1004877.603	135+900	2474527.903	976822.4895	217+800	2401508.351	967664.041
54+100	2539926.76	1004929.52	136+000	2474430.027	976804.5466	217+900	2401418.958	967620.2122
54+200	2539841.954	1004981.437	136+100	2474332.151	976786.6038	218+000	2401329.565	967576.3834
54+300	2539757.148	1005033.354	136+200	2474234.275	976768.6611	218+100	2401240.173	967532.5546
54+400	2539672.342	1005085.271	136+300	2474136.399	976750.7184	218+200	2401150.78	967488.7258
54+500	2539587.535	1005137.188	136+400	2474038.523	976732.7757	218+300	2401061.387	967444.897
54+600	2539502.729	1005189.106	136+500	2473940.647	976714.8331	218+400	2400971.994	967401.0682
54+700	2539417.923	1005241.023	136+600	2473842.77	976696.8905	218+500	2400882.601	967357.2394
54+800	2539333.117	1005292.941	136+700	2473744.894	976678.948	218+600	2400793.207	967313.4107
54+900	2539248.311	1005344.859	136+800	2473647.017	976661.0055	218+700	2400703.814	967269.5819
55+000	2539163.505	1005396.776	136+900	2473549.141	976643.0631	218+800	2400614.42	967225.7531
55+100	2539078.698	1005448.694	137+000	2473451.264	976625.1207	218+900	2400525.027	967181.9244

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
55+200	2538993.892	1005500.612	137+100	2473353.387	976607.1783	219+000	2400435.633	967138.0956
55+300	2538909.086	1005552.53	137+200	2473255.51	976589.236	219+100	2400346.24	967094.2669
55+400	2538824.28	1005604.449	137+300	2473157.633	976571.2937	219+200	2400256.857	967050.4144
55+500	2538739.474	1005656.367	137+400	2473059.756	976553.3515	219+300	2400167.947	967005.6167
55+600	2538654.668	1005708.285	137+500	2472961.879	976535.4093	219+400	2400080.144	966958.6885
55+700	2538569.862	1005760.204	137+600	2472864.002	976517.4671	219+500	2399993.539	966909.5828
55+800	2538485.056	1005812.123	137+700	2472766.124	976499.525	219+600	2399908.19	966858.3257
55+900	2538400.25	1005864.041	137+800	2472668.247	976481.583	219+700	2399824.148	966804.9522
56+000	2538315.444	1005915.96	137+900	2472570.369	976463.6409	219+800	2399741.467	966749.4942
56+100	2538230.638	1005967.879	138+000	2472472.492	976445.699	219+900	2399660.197	966691.9865
56+200	2538145.832	1006019.798	138+100	2472374.614	976427.757	220+000	2399580.39	966632.4661
56+300	2538061.026	1006071.717	138+200	2472276.736	976409.8152	220+100	2399502.097	966570.9679
56+400	2537976.221	1006123.637	138+300	2472178.858	976391.8733	220+200	2399425.364	966507.5338
56+500	2537891.415	1006175.556	138+400	2472080.98	976373.9315	220+300	2399350.243	966442.1988
56+600	2537806.609	1006227.475	138+500	2471983.102	976355.9897	220+400	2399276.776	966375.0086
56+700	2537721.803	1006279.395	138+600	2471885.224	976338.048	220+500	2399205.014	966306.001
56+800	2537636.965	1006331.262	138+700	2471787.345	976320.1064	220+600	2399134.997	966235.2223
56+900	2537552.068	1006383.032	138+800	2471689.467	976302.1647	220+700	2399066.771	966162.7158
57+000	2537467.169	1006434.8	138+900	2471591.589	976284.2231	220+800	2399000.012	966088.8534
57+100	2537382.27	1006486.568	139+000	2471493.71	976266.2816	220+900	2398933.51	966014.7591
57+200	2537297.372	1006538.336	139+100	2471395.831	976248.3401	221+000	2398867.008	965940.6646
57+300	2537212.473	1006590.104	139+200	2471297.953	976230.3987	221+100	2398800.506	965866.5701
57+400	2537127.575	1006641.873	139+300	2471200.074	976212.4572	221+200	2398734.004	965792.4756
57+500	2537042.676	1006693.641	139+400	2471102.195	976194.5159	221+300	2398667.501	965718.3809
57+600	2536957.778	1006745.41	139+500	2471004.316	976176.5745	221+400	2398600.999	965644.2862
57+700	2536872.879	1006797.178	139+600	2470906.437	976158.6333	221+500	2398534.496	965570.1915
57+800	2536787.981	1006848.947	139+700	2470808.558	976140.692	221+600	2398467.994	965496.0967
57+900	2536703.08	1006900.712	139+800	2470710.678	976122.7508	221+700	2398401.491	965422.0018
58+000	2536618.029	1006952.23	139+900	2470612.799	976104.8097	221+800	2398334.988	965347.9069
58+100	2536532.8	1007003.453	140+000	2470514.919	976086.8686	221+900	2398268.485	965273.8119
58+200	2536447.563	1007054.663	140+100	2470417.04	976068.9275	222+000	2398201.982	965199.7169
58+300	2536362.326	1007105.873	140+200	2470319.16	976050.9865	222+100	2398135.479	965125.6219
58+400	2536277.089	1007157.083	140+300	2470221.28	976033.0455	222+200	2398068.396	965052.055
58+500	2536191.852	1007208.293	140+400	2470123.401	976015.1046	222+300	2397999.124	964980.5475
58+600	2536106.615	1007259.503	140+500	2470025.521	975997.1637	222+400	2397927.507	964911.3897
58+700	2536021.378	1007310.713	140+600	2469927.641	975979.2228	222+500	2397853.625	964844.6566
58+800	2535936.141	1007361.923	140+700	2469829.761	975961.282	222+600	2397777.56	964780.4223
58+900	2535850.904	1007413.134	140+800	2469731.88	975943.3413	222+700	2397699.397	964718.7582
59+000	2535765.667	1007464.344	140+900	2469634	975925.4006	222+800	2397619.221	964659.7348
59+100	2535680.431	1007515.555	141+000	2469536.12	975907.4599	222+900	2397537.123	964603.4157
59+200	2535595.197	1007566.771	141+100	2469438.22	975889.6259	223+000	2397453.194	964549.8633
59+300	2535510.077	1007618.176	141+200	2469340.141	975872.8119	223+100	2397367.527	964499.1374
59+400	2535425.086	1007669.795	141+300	2469241.798	975857.6152	223+200	2397280.215	964451.2963
59+500	2535340.105	1007721.428	141+400	2469143.216	975844.0569	223+300	2397191.499	964406.1084
59+600	2535255.124	1007773.062	141+500	2469044.421	975832.1487	223+400	2397102.429	964361.6169
59+700	2535170.142	1007824.696	141+600	2468945.441	975821.884	223+500	2397013.359	964317.1255
59+800	2535085.161	1007876.33	141+700	2468846.304	975813.2733	223+600	2396924.289	964272.6342
59+900	2535000.179	1007927.964	141+800	2468747.037	975806.3156	223+700	2396835.218	964228.1429
60+000	2534915.198	1007979.599	141+900	2468647.668	975801.01	223+800	2396746.148	964183.6516
60+100	2534830.217	1008031.233	142+000	2468548.224	975797.367	223+900	2396657.078	964139.1603
60+200	2534745.236	1008082.869	142+100	2468448.734	975795.3772	224+000	2396568.007	964094.669
60+300	2534660.494	1008134.894	142+200	2468349.223	975795.0483	224+100	2396478.936	964050.1778
60+400	2534576.025	1008187.362	142+300	2468249.722	975796.378	224+200	2396389.865	964005.6865
60+500	2534491.558	1008239.835	142+400	2468150.255	975799.362	224+300	2396300.795	963961.1952
60+600	2534407.092	1008292.308	142+500	2468050.853	975804.0097	224+400	2396211.724	963916.7039
60+700	2534322.626	1008344.781	142+600	2467951.542	975810.3087	224+500	2396122.652	963872.2127
60+800	2534238.16	1008397.255	142+700	2467852.349	975818.2639	224+600	2396033.835	963827.2224
60+900	2534153.693	1008449.728	142+800	2467753.303	975827.8718	224+700	2395947.416	963777.8252
61+000	2534069.227	1008502.201	142+900	2467654.43	975839.1249	224+800	2395865.341	963721.5131
61+100	2533984.761	1008554.675	143+000	2467555.759	975852.031	224+900	2395788.237	963658.5649
61+200	2533900.295	1008607.148	143+100	2467457.317	975866.5752	225+000	2395716.64	963589.4182
61+300	2533815.828	1008659.622	143+200	2467359.13	975882.7594	225+100	2395651.048	963514.5503
61+400	2533731.222	1008711.868	143+300	2467261.227	975900.5789	225+200	2395591.915	963434.4833
61+500	2533645.128	1008761.607	143+400	2467163.634	975920.023	225+300	2395539.65	963349.7722
61+600	2533556.172	1008806.005	143+500	2467066.38	975941.098	225+400	2395493.849	963261.3815
61+700	2533464.456	1008844.379	143+600	2466969.488	975963.781	225+500	2395450.388	963171.8026
61+800	2533370.387	1008876.557	143+700	2466872.882	975987.6574	225+600	2395406.974	963082.2
61+900	2533274.383	1008902.398	143+800	2466776.325	976011.7307	225+700	2395363.561	962992.5974
62+000	2533177.041	1008922.674	143+900	2466679.768	976035.8041	225+800	2395320.148	962902.9947
62+100	2533079.245	1008940.673	144+000	2466583.211	976059.8776	225+900	2395276.735	962813.3918
62+200	2532981.425	1008958.545	144+100	2466486.653	976083.9512	226+000	2395233.321	962723.7889
62+300	2532883.605	1008976.417	144+200	2466390.096	976108.025	226+100	2395189.908	962634.1859
62+400	2532785.786	1008994.289	144+300	2466293.539	976132.0988	226+200	2395146.495	962544.5828

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
62+500	2532687.966	1009012.162	144+400	2466196.982	976156.1727	226+300	2395103.081	962454.9797
62+600	2532590.146	1009030.034	144+500	2466100.424	976180.2467	226+400	2395059.668	962365.3764
62+700	2532492.325	1009047.907	144+600	2466003.867	976204.3208	226+500	2395016.168	962275.8153
62+800	2532394.501	1009065.757	144+700	2465907.31	976228.395	226+600	2394969.958	962187.639
62+900	2532296.673	1009083.583	144+800	2465810.752	976252.4693	226+700	2394917.131	962103.2762
63+000	2532198.844	1009101.41	144+900	2465714.195	976276.5436	226+800	2394857.468	962023.6011
63+100	2532101.015	1009119.236	145+000	2465617.637	976300.6181	226+900	2394791.377	961949.1721
63+200	2532003.186	1009137.063	145+100	2465521.08	976324.6927	227+000	2394719.321	961880.5004
63+300	2531905.357	1009154.89	145+200	2465424.522	976348.7674	227+100	2394641.8	961818.0644
63+400	2531807.528	1009172.717	145+300	2465327.965	976372.8422	227+200	2394559.349	961762.2996
63+500	2531709.699	1009190.544	145+400	2465231.407	976396.917	227+300	2394472.544	961713.5882
63+600	2531611.919	1009208.634	145+500	2465134.85	976420.992	227+400	2394381.985	961672.2744
63+700	2531514.248	1009227.309	145+600	2465038.292	976445.0671	227+500	2394288.301	961638.6406
63+800	2531416.58	1009245.998	145+700	2464941.734	976469.1422	227+600	2394192.17	961612.805
63+900	2531318.912	1009264.686	145+800	2464845.177	976493.2175	227+700	2394094.821	961591.9117
64+000	2531221.243	1009283.375	145+900	2464748.619	976517.2928	227+800	2393997.349	961571.5923
64+100	2531123.575	1009302.063	146+000	2464652.061	976541.3683	227+900	2393899.877	961551.2731
64+200	2531025.906	1009320.752	146+100	2464555.504	976565.4438	228+000	2393802.405	961530.9538
64+300	2530928.238	1009339.441	146+200	2464458.946	976589.5195	228+100	2393704.932	961510.6346
64+400	2530830.569	1009358.13	146+300	2464362.388	976613.5952	228+200	2393607.46	961490.3155
64+500	2530732.9	1009376.819	146+400	2464265.83	976637.671	228+300	2393509.987	961469.9964
64+600	2530635.232	1009395.508	146+500	2464169.272	976661.747	228+400	2393412.514	961449.6774
64+700	2530537.563	1009414.197	146+600	2464072.714	976685.823	228+500	2393314.997	961429.5744
64+800	2530439.894	1009432.886	146+700	2463976.157	976709.8991	228+600	2393216.973	961412.1622
64+900	2530342.225	1009451.576	146+800	2463879.599	976733.9753	228+700	2393118.089	961400.6664
65+000	2530244.556	1009470.265	146+900	2463783.041	976758.0517	228+800	2393018.659	961395.784
65+100	2530146.887	1009488.955	147+000	2463686.483	976782.1281	228+900	2392919.109	961397.0144
65+200	2530048.872	1009505.644	147+100	2463589.925	976806.2046	229+000	2392819.632	961401.2569
65+300	2529949.727	1009512.43	147+200	2463493.367	976830.2812	229+100	2392720.167	961405.7975
65+400	2529850.51	1009506.804	147+300	2463396.809	976854.3579	229+200	2392620.702	961410.3382
65+500	2529752.768	1009488.853	147+400	2463300.251	976878.4347	229+300	2392521.237	961414.879
65+600	2529658.027	1009458.856	147+500	2463203.692	976902.5116	229+400	2392421.772	961419.4199
65+700	2529567.764	1009417.282	147+600	2463107.134	976926.5885	229+500	2392322.304	961423.8795
65+800	2529482.651	1009365.913	147+700	2463010.576	976950.6656	229+600	2392222.762	961425.5838
65+900	2529399.314	1009311.657	147+800	2462914.018	976974.7428	229+700	2392123.32	961420.9558
66+000	2529315.991	1009257.38	147+900	2462817.46	976998.8201	229+800	2392024.407	961409.7138
66+100	2529232.668	1009203.102	148+000	2462720.901	977022.8975	229+900	2391926.462	961391.9069
66+200	2529149.345	1009148.825	148+100	2462624.343	977046.9749	230+000	2391829.921	961367.6133
66+300	2529066.022	1009094.548	148+200	2462527.785	977071.0525	230+100	2391735.213	961336.9427
66+400	2528982.699	1009040.27	148+300	2462431.227	977095.1302	230+200	2391642.759	961300.0314
66+500	2528899.376	1008985.993	148+400	2462334.668	977119.2079	230+300	2391552.969	961257.0432
66+600	2528816.053	1008931.715	148+500	2462238.11	977143.2858	230+400	2391466.241	961208.1692
66+700	2528732.729	1008877.437	148+600	2462141.552	977167.3637	230+500	2391382.962	961153.6264
66+800	2528649.406	1008823.16	148+700	2462044.993	977191.4418	230+600	2391303.501	961093.6572
66+900	2528566.082	1008768.882	148+800	2461948.435	977215.5199	230+700	2391228.211	961028.5285
67+000	2528482.759	1008714.604	148+900	2461851.876	977239.5981	230+800	2391156.695	960959.2575
67+100	2528399.435	1008660.327	149+000	2461755.318	977263.6765	230+900	2391086.089	960889.0514
67+200	2528316.111	1008606.049	149+100	2461658.759	977287.7549	231+000	2391015.276	960819.0555
67+300	2528232.787	1008551.771	149+200	2461562.201	977311.8334	231+100	2390942.388	960751.2357
67+400	2528149.463	1008497.493	149+300	2461465.642	977335.912	231+200	2390865.484	960688.02
67+500	2528066.139	1008443.215	149+400	2461369.084	977359.9907	231+300	2390784.54	960630.0678
67+600	2527982.815	1008388.937	149+500	2461272.525	977384.0696	231+400	2390699.914	960577.6371
67+700	2527899.49	1008334.659	149+600	2461175.966	977408.1485	231+500	2390611.983	960530.96
67+800	2527816.166	1008280.38	149+700	2461079.408	977432.2275	231+600	2390521.144	960490.2313
67+900	2527732.841	1008226.102	149+800	2460982.849	977456.3066	231+700	2390428.264	960454.364
68+000	2527649.517	1008171.824	149+900	2460886.29	977480.3858	231+800	2390334.766	960420.1231
68+100	2527566.192	1008117.546	150+000	2460789.731	977504.465	231+900	2390241.264	960385.8948
68+200	2527482.867	1008063.267	150+100	2460693.173	977528.5444	232+000	2390148.327	960350.1732
68+300	2527399.542	1008008.989	150+200	2460596.614	977552.6239	232+100	2390057.369	960309.7092
68+400	2527316.217	1007954.71	150+300	2460500.055	977576.7035	232+200	2389969.298	960263.2961
68+500	2527232.892	1007900.432	150+400	2460403.496	977600.7832	232+300	2389884.495	960211.1499
68+600	2527149.567	1007846.153	150+500	2460306.937	977624.8629	232+400	2389802.387	960154.8302
68+700	2527066.242	1007791.875	150+600	2460210.378	977648.9428	232+500	2389721.094	960097.3346
68+800	2526982.917	1007737.596	150+700	2460113.82	977673.0227	232+600	2389639.812	960039.8228
68+900	2526899.591	1007683.317	150+800	2460017.261	977697.1028	232+700	2389558.53	959982.3109
69+000	2526816.266	1007629.039	150+900	2459920.702	977721.183	232+800	2389477.248	959924.799
69+100	2526732.94	1007574.76	151+000	2459824.143	977745.2632	232+900	2389395.854	959867.4452
69+200	2526649.734	1007520.298	151+100	2459727.584	977769.3435	233+000	2389312.987	959812.2557
69+300	2526567.938	1007463.748	151+200	2459631.025	977793.424	233+100	2389227.557	959761.127
69+400	2526488.072	1007404.504	151+300	2459534.466	977817.5045	233+200	2389140.492	959712.8148
69+500	2526410.224	1007342.631	151+400	2459437.906	977841.5851	233+300	2389053.227	959664.8641
69+600	2526334.482	1007278.198	151+500	2459341.347	977865.6659	233+400	2388965.961	959616.9134
69+700	2526260.928	1007211.277	151+600	2459244.788	977889.7467	233+500	2388878.696	959568.9627

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
69+800	2526189.647	1007141.941	151+700	2459148.229	977913.8276	233+600	2388791.43	959521.012
69+900	2526120.716	1007070.268	151+800	2459051.67	977937.9086	233+700	2388704.165	959473.0613
70+000	2526054.211	1006996.337	151+900	2458955.111	977961.9897	233+800	2388616.899	959425.1107
70+100	2525990.207	1006920.231	152+000	2458858.551	977986.0709	233+900	2388529.633	959377.16
70+200	2525928.775	1006842.034	152+100	2458761.992	978010.1522	234+000	2388442.367	959329.2093
70+300	2525869.943	1006761.861	152+200	2458665.433	978034.2336	234+100	2388355.101	959281.2586
70+400	2525812.251	1006680.86	152+300	2458568.873	978058.3151	234+200	2388267.835	959233.3079
70+500	2525754.564	1006599.855	152+400	2458472.314	978082.3967	234+300	2388180.569	959185.3572
70+600	2525696.877	1006518.849	152+500	2458375.755	978106.4783	234+400	2388093.303	959137.4066
70+700	2525639.19	1006437.844	152+600	2458279.195	978130.5601	234+500	2388006.036	959089.4559
70+800	2525581.503	1006356.838	152+700	2458182.636	978154.642	234+600	2387918.77	959041.5052
70+900	2525523.815	1006275.833	152+800	2458086.076	978178.7239	234+700	2387831.503	958993.5545
71+000	2525466.128	1006194.827	152+900	2457989.517	978202.806	234+800	2387744.237	958945.6038
71+100	2525408.441	1006113.821	153+000	2457892.957	978226.8881	234+900	2387656.97	958897.6531
71+200	2525350.754	1006032.815	153+100	2457796.398	978250.9704	235+000	2387569.703	958849.7024
71+300	2525293.066	1005951.809	153+200	2457699.838	978275.0527	235+100	2387482.436	958801.7517
71+400	2525235.379	1005870.803	153+300	2457603.279	978299.1352	235+200	2387395.169	958753.801
71+500	2525177.692	1005789.797	153+400	2457506.719	978323.2177	235+300	2387307.902	958705.8503
71+600	2525120.004	1005708.791	153+500	2457410.16	978347.3003	235+400	2387220.635	958657.8997
71+700	2525062.317	1005627.784	153+600	2457313.6	978371.3831	235+500	2387133.367	958609.949
71+800	2525004.629	1005546.778	153+700	2457217.04	978395.4659	235+600	2387046.1	958561.9983
71+900	2524946.942	1005465.771	153+800	2457120.481	978419.5488	235+700	2386958.833	958514.0476
72+000	2524889.254	1005384.764	153+900	2457023.921	978443.6318	235+800	2386871.565	958466.0969
72+100	2524831.567	1005303.758	154+000	2456927.361	978467.7149	235+900	2386784.297	958418.1462
72+200	2524773.879	1005222.751	154+100	2456830.801	978491.7981	236+000	2386697.278	958369.7495
72+300	2524716.192	1005141.744	154+200	2456734.242	978515.8814	236+100	2386611.995	958318.3703
72+400	2524658.504	1005060.737	154+300	2456637.682	978539.9648	236+200	2386529.372	958262.8146
72+500	2524600.816	1004979.729	154+400	2456541.122	978564.0483	236+300	2386449.63	958203.1992
72+600	2524542.761	1004898.987	154+500	2456444.562	978588.1319	236+400	2386372.966	958139.6731
72+700	2524482.076	1004820.208	154+600	2456348.002	978612.2155	236+500	2386299.574	958072.3935
72+800	2524418.291	1004743.917	154+700	2456251.442	978636.2993	236+600	2386229.636	958001.5301
72+900	2524351.505	1004670.239	154+800	2456154.882	978660.3832	236+700	2386163.326	957927.26
73+000	2524281.827	1004599.291	154+900	2456058.322	978684.4671	236+800	2386100.811	957849.7688
73+100	2524209.367	1004531.185	155+000	2455961.762	978708.5512	236+900	2386042.247	957769.2503
73+200	2524134.241	1004466.031	155+100	2455865.202	978732.6353	237+000	2385987.546	957686.0541
73+300	2524056.57	1004403.933	155+200	2455768.642	978756.7196	237+100	2385934.583	957601.733
73+400	2523977.21	1004344	155+300	2455672.082	978780.8039	237+200	2385881.692	957517.367
73+500	2523897.741	1004284.209	155+400	2455575.522	978804.8884	237+300	2385828.8	957433.0009
73+600	2523818.271	1004224.418	155+500	2455478.962	978828.9729	237+400	2385775.908	957348.6348
73+700	2523738.802	1004164.628	155+600	2455382.402	978853.0575	237+500	2385723.017	957264.2686
73+800	2523659.333	1004104.837	155+700	2455285.842	978877.1422	237+600	2385670.125	957179.9022
73+900	2523579.863	1004045.046	155+800	2455189.282	978901.227	237+700	2385617.233	957095.5359
74+000	2523500.394	1003985.255	155+900	2455092.721	978925.312	237+800	2385564.341	957011.1694
74+100	2523420.924	1003925.464	156+000	2454996.161	978949.397	237+900	2385511.358	956926.8605
74+200	2523341.455	1003865.673	156+100	2454899.601	978973.4821	238+000	2385455.899	956844.1745
74+300	2523261.985	1003805.882	156+200	2454803.041	978997.5673	238+100	2385395.25	956765.2229
74+400	2523182.515	1003746.091	156+300	2454706.48	979021.6525	238+200	2385329.483	956690.4818
74+500	2523103.045	1003686.3	156+400	2454609.92	979045.7379	238+300	2385258.877	956620.2935
74+600	2523023.575	1003626.509	156+500	2454513.36	979069.8234	238+400	2385183.756	956554.9598
74+700	2522944.105	1003566.718	156+600	2454416.807	979093.9403	238+500	2385104.446	956494.7794
74+800	2522864.635	1003506.926	156+700	2454320.407	979118.6569	238+600	2385021.306	956440.0133
74+900	2522785.164	1003447.135	156+800	2454224.258	979144.3338	238+700	2384934.7	956390.9088
75+000	2522705.694	1003387.343	156+900	2454128.37	979170.9711	238+800	2384845.017	956347.6826
75+100	2522626.223	1003327.552	157+000	2454032.754	979198.566	238+900	2384752.653	956310.5256
75+200	2522546.753	1003267.76	157+100	2453937.418	979227.1156	239+000	2384658.018	956279.607
75+300	2522467.282	1003207.969	157+200	2453842.373	979256.6175	239+100	2384561.534	956255.057
75+400	2522387.811	1003148.177	157+300	2453747.626	979287.0645	239+200	2384463.628	956236.9949
75+500	2522308.341	1003088.385	157+400	2453653.061	979318.0736	239+300	2384364.738	956225.4876
75+600	2522228.87	1003028.593	157+500	2453558.504	979349.1076	239+400	2384265.341	956219.5931
75+700	2522149.399	1002968.801	157+600	2453463.947	979380.1418	239+500	2384165.869	956215.0328
75+800	2522069.928	1002909.01	157+700	2453369.39	979411.176	239+600	2384066.397	956210.4736
75+900	2521990.456	1002849.218	157+800	2453274.833	979442.2104	239+700	2383966.924	956205.9145
76+000	2521910.985	1002789.425	157+900	2453180.277	979473.2448	239+800	2383867.452	956201.3555
76+100	2521831.514	1002729.633	158+000	2453085.72	979504.2794	239+900	2383767.98	956196.7965
76+200	2521752.042	1002669.841	158+100	2452991.163	979535.314	240+000	2383668.507	956192.2376
76+300	2521672.571	1002610.049	158+200	2452896.606	979566.3487	240+100	2383569.019	956188.0456
76+400	2521593.099	1002550.257	158+300	2452802.049	979597.3836	240+200	2383469.454	956187.2848
76+500	2521513.628	1002490.464	158+400	2452707.492	979628.4185	240+300	2383369.956	956191.0492
76+600	2521434.156	1002430.672	158+500	2452612.936	979659.4535	240+400	2383270.688	956198.8386
76+700	2521354.684	1002370.879	158+600	2452518.379	979690.4886	240+500	2383171.489	956207.5085
76+800	2521275.212	1002311.087	158+700	2452423.822	979721.5238	240+600	2383072.29	956216.1785
76+900	2521195.74	1002251.294	158+800	2452329.265	979752.5592	240+700	2382973.09	956224.8485
77+000	2521115.894	1002192.005	158+900	2452234.708	979783.5946	240+800	2382873.845	956232.9411

CONSULTA PÚBLICA





Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y	Pk	Este X	Norte Y
77+100	2521033.372	1002136.526	159+000	2452140.151	979814.6301	240+900	2382774.318	956235.0275
77+200	2520948.671	1002084.406	159+100	2452045.594	979845.6657	241+000	2382674.963	956228.824
77+300	2520863.791	1002032.576	159+200	2451951.037	979876.7014	241+100	2382576.452	956214.4672
77+400	2520778.91	1001980.746	159+300	2451856.48	979907.7372	241+200	2382478.621	956195.9001
77+500	2520694.029	1001928.916	159+400	2451761.923	979938.7731	241+300	2382380.814	956177.209
77+600	2520609.148	1001877.087	159+500	2451667.366	979969.809	241+400	2382283.006	956158.5179
77+700	2520524.267	1001825.257	159+600	2451572.809	980000.8451	241+500	2382185.198	956139.8269
77+800	2520439.386	1001773.427	159+700	2451478.252	980031.8813	241+600	2382087.39	956121.136
77+900	2520354.505	1001721.597	159+800	2451383.695	980062.9176	241+700	2381989.619	956102.2591
78+000	2520269.623	1001669.767	159+900	2451289.138	980093.954	241+800	2381893.779	956075.5977
78+100	2520184.742	1001617.937	160+000	2451194.581	980124.9904	241+900	2381803.597	956033.6453
78+200	2520099.86	1001566.107	160+100	2451100.024	980156.027	242+000	2381721.618	955977.3214
78+300	2520014.979	1001514.277	160+200	2451005.467	980187.0637	242+100	2381646.63	955911.8152
78+400	2519930.097	1001462.446	160+300	2450910.91	980218.1004	242+200	2381572.276	955845.5788
78+500	2519845.215	1001410.616	160+400	2450816.353	980249.1373	242+300	2381495.766	955781.894
78+600	2519760.333	1001358.786	160+500	2450721.796	980280.1743	242+400	2381413.451	955725.9317
78+700	2519675.451	1001306.956	160+600	2450627.239	980311.2113	242+500	2381325.96	955678.4667
78+800	2519590.569	1001255.125	160+700	2450532.682	980342.2485	242+600	2381234.167	955639.9733
78+900	2519505.687	1001203.295	160+800	2450438.125	980373.2857	242+700	2381139.156	955610.2401
79+000	2519420.805	1001151.464	160+900	2450343.567	980404.323	242+800	2381043.434	955582.7956
79+100	2519335.922	1001099.634	161+000	2450249.01	980435.3605	242+900	2380947.711	955555.3511
79+200	2519251.159	1001047.61	161+100	2450154.453	980466.398	243+000	2380851.989	955527.9067
79+300	2519168.487	1000992.358	161+200	2450059.896	980497.4356	243+100	2380755.866	955501.9622
79+400	2519090.478	1000930.71	161+300	2449965.339	980528.4734	243+200	2380657.307	955488.5794
79+500	2519017.605	1000863.056	161+400	2449870.782	980559.5112	243+300	2380557.893	955491.7327
79+600	2518947.357	1000792.653	161+500	2449776.225	980590.5491	243+400	2380460.381	955511.3355
79+700	2518877.263	1000722.095	161+600	2449681.667	980621.5871	243+500	2380367.449	955546.7966
79+800	2518807.168	1000651.538	161+700	2449587.11	980652.6252	243+600	2380278.589	955591.731
79+900	2518737.074	1000580.981	161+800	2449492.553	980683.6634	243+700	2380189.993	955637.1923
80+000	2518666.979	1000510.423	161+900	2449397.996	980714.7017	243+800	2380101.397	955682.6538
80+100	2518596.856	1000439.894	162+000	2449303.439	980745.7401	243+900	2380012.793	955728.1003
80+200	2518524.386	1000371.811	162+100	2449208.881	980776.7786	244+000	2379923.12	955771.3753
80+300	2518447.064	1000309.28	162+200	2449114.324	980807.8172	244+100	2379831.781	955811.0354
80+400	2518368.443	1000248.367	162+300	2449019.767	980838.8559	244+200	2379740.275	955850.3126
80+500	2518289.822	1000187.454	162+400	2448925.21	980869.8947	244+300	2379648.769	955889.5898
80+600	2518211.2	1000126.541	162+500	2448830.652	980900.9336	244+400	2379557.389	955929.1573
80+700	2518132.579	1000065.627	162+600	2448736.095	980931.9725	244+500	2379466.4	955969.616
80+800	2518053.957	1000004.714	162+700	2448641.538	980963.0116	244+600	2379375.82	956010.9826
80+900	2517975.336	999943.8012	162+800	2448546.981	980994.0508	244+700	2379285.658	956053.253
81+000	2517896.714	999882.8878	162+900	2448452.423	981025.09	244+800	2379195.918	956096.4114
81+100	2517818.092	999821.9744	163+000	2448357.866	981056.1294	244+900	2379106.335	956139.896
81+200	2517739.47	999761.0609	163+100	2448263.309	981087.1689	245+000	2379016.752	956183.3807
81+300	2517660.848	999700.1473	163+200	2448168.751	981118.2084	245+100	2378927.169	956226.8655
81+400	2517582.226	999639.2336	163+300	2448074.194	981149.2481	245+200	2378837.586	956270.3503
81+500	2517503.604	999578.3199	163+400	2447979.637	981180.2878	245+300	2378748.003	956313.8353
81+600	2517424.982	999517.4062	163+500	2447885.079	981211.3276	245+400	2378658.42	956357.3203
81+700	2517346.36	999456.4923	163+600	2447790.522	981242.3676	245+500	2378568.837	956400.8054
81+800	2517267.737	999395.5785	163+700	2447695.965	981273.4076			

Tabla I.11. Clasificación cronológica por cadenamiento de las soluciones constructivas de la plataforma ferroviaria, Pk 0+000 a 245+500. Elaboración propia.

Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
0+000 - 0+100	Corte	0.100	529	24	0
0+100 - 0+300	Tierra armada	0.200	15	6,554	700
0+300 - 0+423.01	Sin movimiento	0.123	0	0	0
0+423.01 - 4+500	Viaducto	4.077	0	0	0
4+500 - 4+700	Tierra armada	0.200	0	7,970	756
4+700 - 4+760	Terraplén	0.060	14	492	0
4+760 - 4+980	Corte	0.220	1,374	83	0
4+980 - 5+020	Terraplén	0.040	199	263	0
5+020 - 5+260	Corte	0.240	2,647	186	0
5+260 - 6+560	Terraplén	1.300	1,273	63,357	0
6+560 - 6+620	Corte	0.060	82	52	0
6+620 - 6+740	Terraplén	0.120	40	191	0
6+740 - 6+820	Corte	0.080	106	31	0

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
6+820 - 6+980	Terraplén	0.160	480	10,143	0
6+980 - 7+040	Corte	0.060	2,077	13	0
7+040 - 7+600	Terraplén	0.560	1,811	31,911	0
7+600 - 7+620	Corte	0.020	159	144	0
7+620 - 8+080	Terraplén	0.460	765	10,951	0
8+080 - 8+120	Corte	0.040	145	106	0
8+120 - 8+660	Terraplén	0.540	1,002	2,775	0
8+660 - 8+960	Corte	0.300	1,882	465	0
8+960 - 9+180	Terraplén	0.220	192	3,867	0
9+180 - 10+020	Tierra armada	0.840	0	70,361	1,791
10+020 - 10+840	Terraplén	0.820	181	20,541	0
10+840 - 11+940	Tierra armada	1.100	0	82,063	2,190
11+940 - 12+100	Terraplén	0.160	247	1,224	0
12+100 - 12+720	Corte	0.620	3,368	272	0
12+720 - 12+740	Terraplén	0.020	31	34	0
12+740 - 12+820	Corte	0.080	149	102	0
12+820 - 12+840	Terraplén	0.020	35	36	0
12+840 - 12+880	Corte	0.040	96	57	0
12+880 - 13+140	Terraplén	0.260	391	702	0
13+140 - 13+200	Corte	0.060	181	89	0
13+200 - 13+600	Terraplén	0.400	446	2,641	0
13+600 - 14+720	Corte	1.120	30,931	598	0
14+720 - 15+540	Terraplén	0.820	1,047	12,167	0
15+540 - 15+580	Corte	0.040	178	173	0
15+580 - 15+600	Terraplén	0.020	86	86	0
15+600 - 15+720	Corte	0.120	490	418	0
15+720 - 15+900	Terraplén	0.180	562	1,109	0
15+900 - 15+940	Corte	0.040	460	214	0
15+940 - 17+040	Terraplén	1.100	1,908	10,992	0
17+040 - 17+100	Corte	0.060	205	116	0
17+100 - 17+180	Terraplén	0.080	172	713	0
17+180 - 17+240	Corte	0.060	607	170	0
17+240 - 17+840	Terraplén	0.600	1,137	6,945	0
17+840 - 18+199.55	Tierra armada	0.360	0	21,496	1,718
18+199.55 - 18+200	Terraplén	0.000	0	89	0
18+200 - 18+296	Sin movimiento	0.096	0	0	0
18+296 - 20+200	Viaducto	1.904	0	0	0
20+200 - 20+440	Tierra armada	0.240	6	8,897	848
20+440 - 20+500	Terraplén	0.060	88	523	0
20+500 - 20+980	Corte	0.480	2,146	213	0
20+980 - 21+300	Terraplén	0.320	472	994	0
21+300 - 21+320	Corte	0.020	36	31	0
21+320 - 21+720	Terraplén	0.400	315	2,828	0
21+720 - 22+460	Tierra armada	0.740	0	40,930	1,422
22+460 - 22+960	Terraplén	0.500	136	3,871	0
22+960 - 23+000	Corte	0.040	127	68	0
23+000 - 23+380	Terraplén	0.380	174	930	0
23+380 - 23+500	Corte	0.120	495	93	0
23+500 - 24+020	Terraplén	0.520	197	2,907	0
24+020 - 24+080	Corte	0.060	133	31	0
24+080 - 24+120	Terraplén	0.040	48	56	0
24+120 - 24+400	Corte	0.280	1,185	97	0
24+400 - 24+480	Terraplén	0.080	43	96	0
24+480 - 24+500	Corte	0.020	13	13	0
24+500 - 24+560	Terraplén	0.060	26	62	0
24+560 - 24+580	Corte	0.020	19	12	0
24+580 - 24+620	Terraplén	0.040	33	36	0

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
24+620 - 24+660	Corte	0.040	40	22	0
24+660 - 25+360	Terraplén	0.700	92	3,182	0
25+360 - 25+380	Corte	0.020	25	21	0
25+380 - 26+200	Terraplén	0.820	118	3,606	0
26+200 - 26+440	Corte	0.240	1,109	119	0
26+440 - 26+580	Terraplén	0.140	230	575	0
26+580 - 27+000	Corte	0.420	2,601	234	0
27+000 - 27+060	Terraplén	0.060	80	163	0
27+060 - 27+100	Corte	0.040	224	41	0
27+100 - 27+520	Terraplén	0.420	234	1,950	0
27+520 - 27+540	Corte	0.020	65	53	0
27+540 - 28+960	Terraplén	1.420	1,850	20,358	0
28+960 - 29+000	Corte	0.040	171	140	0
29+000 - 29+200	Terraplén	0.200	276	2,611	0
29+200 - 29+900	Tierra armada	0.700	0	48,214	1,169
29+900 - 30+200	Terraplén	0.300	23	7,939	0
30+200 - 30+380	Corte	0.180	1,516	50	0
30+380 - 30+580	Terraplén	0.200	13	1,876	0
30+580 - 30+999.55	Tierra armada	0.420	0	24,909	2,564
30+999.55 - 34+000	Viaducto	3.000	0	68	2
34+000 - 34+600	Tierra armada	0.600	3	30,877	2,869
34+600 - 34+620	Terraplén	0.020	9	63	0
34+620 - 34+960	Corte	0.340	2,971	133	0
34+960 - 35+200	Terraplén	0.240	92	3,350	0
35+200 - 37+640	Tierra armada	2.440	7	204,699	5,467
37+640 - 37+780	Terraplén	0.140	87	1,218	0
37+780 - 38+420	Corte	0.640	9,858	224	0
38+420 - 39+280	Terraplén	0.860	296	16,599	0
39+280 - 40+160	Corte	0.880	63,908	286	0
40+160 - 40+240	Terraplén	0.080	281	348	0
40+240 - 40+460	Corte	0.220	2,458	520	0
40+460 - 40+480	Terraplén	0.020	115	127	0
40+480 - 40+960	Corte	0.480	2,821	398	0
40+960 - 41+400	Terraplén	0.440	1,127	4,334	0
41+400 - 42+080	Corte	0.680	3,856	374	0
42+080 - 42+100	Terraplén	0.020	13	96	0
42+100 - 42+400	Tierra armada	0.300	3	13,121	1,157
42+400 - 42+423.91	Sin movimiento	0.024	0	0	0
42+423.91 - 49+801.09	Viaducto	7.377	50,209	59,419	1,019
49+801.09 - 50+000	Sin movimiento	0.199	0	0	0
50+000 - 50+200	Tierra armada	0.200	0	6,570	694
50+200 - 50+560	Terraplén	0.360	693	2,602	0
50+560 - 50+580	Corte	0.020	83	76	0
50+580 - 50+620	Terraplén	0.040	176	205	0
50+620 - 50+660	Corte	0.040	214	189	0
50+660 - 50+700	Terraplén	0.040	224	240	0
50+700 - 51+100	Corte	0.400	2,092	480	0
51+100 - 51+140	Terraplén	0.040	120	123	0
51+140 - 51+280	Corte	0.140	527	222	0
51+280 - 51+960	Terraplén	0.680	503	7,211	0
51+960 - 52+060	Corte	0.100	3,367	270	0
52+060 - 53+800	Terraplén	1.740	4,016	32,411	0
53+800 - 53+840	Corte	0.040	432	164	0
53+840 - 54+320	Terraplén	0.480	2,186	5,340	0
54+320 - 54+440	Corte	0.120	695	463	0
54+440 - 54+820	Terraplén	0.380	1,692	4,635	0
54+820 - 54+860	Corte	0.040	239	178	0

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
54+860 - 55+060	Terraplén	0.200	999	1,773	0
55+060 - 55+120	Corte	0.060	322	259	0
55+120 - 55+860	Terraplén	0.740	2,647	6,362	0
55+860 - 55+900	Corte	0.040	253	228	0
55+900 - 55+940	Terraplén	0.040	259	282	0
55+940 - 59+260	Corte	3.320	42,332	2,696	0
59+260 - 59+480	Terraplén	0.220	248	1,729	0
59+480 - 59+600	Tierra armada	0.120	0	4,999	477
59+600 - 59+797.88	Sin movimiento	0.198	0	0	0
59+797.88 - 64+000	Viaducto	4.202	0	0	0
64+000 - 64+100	Sin movimiento	0.100	0	0	0
64+100 - 64+300	Tierra armada	0.200	3	10,168	991
64+300 - 64+420	Terraplén	0.120	104	903	0
64+420 - 66+240	Corte	1.820	25,311	633	0
66+240 - 67+320	Terraplén	1.080	288	11,132	0
67+320 - 67+620	Corte	0.300	980	164	0
67+620 - 68+240	Terraplén	0.620	185	7,047	0
68+240 - 68+380	Corte	0.140	627	274	0
68+380 - 68+800	Terraplén	0.420	61	17,101	0
68+800 - 68+880	Corte	0.080	6,119	885	0
68+880 - 81+400	Terraplén	12.520	0	996,301	0
81+400 - 81+460	Corte	0.060	1,068	213	0
81+460 - 81+640	Terraplén	0.180	110	2,123	0
81+640 - 82+320	Corte	0.680	7,009	169	0
82+320 - 83+080	Terraplén	0.760	80	137,442	0
83+080 - 85+800	Viaducto	2.720	0	434,883	13,840
85+800 - 86+760	Terraplén	0.960	1	71,982	0
86+760 - 86+800	Corte	0.040	185	117	0
86+800 - 86+860	Terraplén	0.060	42	610	0
86+860 - 86+900	Corte	0.040	441	131	0
86+900 - 87+040	Terraplén	0.140	0	601	0
87+040 - 87+060	Corte	0.020	114	26	0
87+060 - 97+199.55	Terraplén	10.140	114	1,081,655	0
97+199.55 - 97+270	Viaducto	0.070	0	203	0
97+270 - 97+460	Terraplén	0.190	210	26,074	0
97+460 - 98+440	Corte	0.980	1,824,051	288	0
98+440 - 98+620	Terraplén	0.180	218	13,357	0
98+620 - 101+380	Corte	2.760	4,783,869	981	0
101+380 - 101+800	Terraplén	0.420	15	15,130	0
101+800 - 102+040	Corte	0.240	1,251	68	0
102+040 - 102+680	Terraplén	0.640	72	22,098	0
102+680 - 103+100	Corte	0.420	4,747	126	0
103+100 - 104+760	Terraplén	1.660	59	203,420	0
104+760 - 106+700	Corte	1.940	401,209	582	0
106+700 - 107+380	Terraplén	0.680	81	168,993	0
107+380 - 108+180	Corte	0.800	29,065	223	0
108+180 - 115+040	Terraplén	6.860	26	1,163,899	0
115+040 - 115+680	Corte	0.640	63,862	298	0
115+680 - 115+900	Terraplén	0.220	228	29,912	0
115+900 - 117+440	Corte	1.540	3,057,354	595	0
117+440 - 118+560	Terraplén	1.120	8	558,508	0
118+560 - 119+700	Corte	1.140	654,880	484	0
119+700 - 121+780	Terraplén	2.080	51	217,186	0
121+780 - 121+920	Corte	0.140	952	32	0
121+920 - 122+860	Terraplén	0.940	122	570,584	0
122+860 - 124+880	Corte	2.020	431,284	624	0
124+880 - 127+540	Terraplén	2.660	34	414,170	0

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
127+540 - 129+320	Corte	1.780	293,661	563	0
129+320 - 129+800	Terraplén	0.480	30	7,294	0
129+800 - 130+060	Corte	0.260	2,354	77	0
130+060 - 130+540	Terraplén	0.480	26	149,302	0
130+540 - 132+240	Corte	1.700	90,026	707	0
132+240 - 132+400	Terraplén	0.160	38	1,044	0
132+400 - 132+420	Corte	0.020	38	37	0
132+420 - 133+040	Terraplén	0.620	20	12,236	0
133+040 - 133+180	Corte	0.140	738	36	0
133+180 - 135+000	Terraplén	1.820	95	49,888	0
135+000 - 135+060	Corte	0.060	355	151	0
135+060 - 135+320	Terraplén	0.260	160	3,295	0
135+320 - 135+620	Corte	0.300	1,405	76	0
135+620 - 137+500	Terraplén	1.880	108	45,833	0
137+500 - 137+520	Corte	0.020	20	11	0
137+520 - 137+980	Terraplén	0.460	130	2,692	0
137+980 - 138+060	Corte	0.080	575	126	0
138+060 - 139+060	Terraplén	1.000	61	25,517	0
139+060 - 139+160	Corte	0.100	497	24	0
139+160 - 140+800	Terraplén	1.640	62	82,303	0
140+800 - 140+820	Corte	0.020	44	36	0
140+820 - 140+860	Terraplén	0.040	41	111	0
140+860 - 143+420	Corte	2.560	224,800	850	0
143+420 - 150+600	Terraplén	7.180	10	601,802	0
150+600 - 150+800	Sin movimiento	0.200	0	0	0
150+800 - 154+120	Terraplén	3.320	9	186,604	0
154+120 - 154+700	Corte	0.580	125,226	212	0
154+700 - 154+860	Terraplén	0.160	47	16,037	0
154+860 - 155+020	Viaducto	0.160	0	6,425	0
155+020 - 155+058	Sin movimiento	0.038	0	0	0
155+058 - 155+900	Terraplén	0.842	4	195,624	0
155+900 - 156+220	Corte	0.320	2,205	97	0
156+220 - 168+660	Terraplén	12.440	79	1,026,623	0
168+660 - 168+940	Corte	0.280	1,323	103	0
168+940 - 169+100	Terraplén	0.160	143	387	0
169+100 - 169+320	Corte	0.220	2,355	65	0
169+320 - 170+460	Terraplén	1.140	8	99,010	0
170+460 - 171+840	Corte	1.380	51,836	360	0
171+840 - 173+100	Terraplén	1.260	56	36,157	0
173+100 - 175+000	Corte	1.900	286,518	557	0
175+000 - 175+120	Terraplén	0.120	169	5,179	0
175+120 - 177+780	Corte	2.660	80,293	835	0
177+780 - 179+840	Terraplén	2.060	20	163,311	0
179+840 - 181+340	Corte	1.500	106,783	397	0
181+340 - 181+360	Terraplén	0.020	105	181	0
181+360 - 181+880	Corte	0.520	4,977	275	0
181+880 - 182+640	Terraplén	0.760	66	3,596	0
182+640 - 183+260	Corte	0.620	7,536	173	0
183+260 - 183+880	Terraplén	0.620	20	14,535	0
183+880 - 184+200	Corte	0.320	3,020	85	0
184+200 - 184+800	Terraplén	0.600	42	47,795	0
184+800 - 185+220	Corte	0.420	5,984	161	0
185+220 - 185+840	Terraplén	0.620	26	35,970	0
185+840 - 187+500	Corte	1.660	293,127	462	0
187+500 - 188+880	Terraplén	1.380	211	337,190	0
188+880 - 190+180	Corte	1.300	172,480	530	0
190+180 - 190+580	Terraplén	0.400	152	7,198	0

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
190+580 - 191+180	Corte	0.600	18,589	164	0
191+180 - 192+680	Terraplén	1.500	792	41,231	0
192+680 - 193+440	Tierra armada	0.760	0	78,573	2,763
193+440 - 194+800	Viaducto	1.360	0	4,343	57
194+800 - 194+810	Sin movimiento	0.010	0	0	0
194+810 - 195+940	Tierra armada	1.130	0	126,908	2,700
195+940 - 197+600	Viaducto	1.660	0	76,178	5,304
197+600 - 197+604	Sin movimiento	0.004	0	0	0
197+604 - 199+180	Tierra armada	1.576	0	485,138	11,523
199+180 - 199+900	Viaducto	0.720	0	8,972	73
199+900 - 200+010	Sin movimiento	0.110	0	0	0
200+010 - 200+420	Terraplén	0.410	839	36,451	0
200+420 - 200+920	Corte	0.500	10,223	1,092	0
200+920 - 201+580	Terraplén	0.660	584	37,275	0
201+580 - 202+900	Viaducto	1.320	0	54,710	1,445
202+900 - 202+920	Tierra armada	0.020	0	3,474	37
202+920 - 203+880	Terraplén	0.960	12	55,324	0
203+880 - 204+540	Corte	0.660	115,593	209	0
204+540 - 205+700	Terraplén	1.160	196	115,557	0
205+700 - 206+020	Corte	0.320	10,999	213	0
206+020 - 207+340	Terraplén	1.320	337	126,572	0
207+340 - 207+860	Corte	0.520	65,759	238	0
207+860 - 207+900	Terraplén	0.040	160	733	0
207+900 - 209+540	Corte	1.640	2,147,361	594	0
209+540 - 211+380	Terraplén	1.840	33	905,596	0
211+380 - 211+460	Corte	0.080	557	109	0
211+460 - 211+540	Terraplén	0.080	81	669	0
211+540 - 212+260	Corte	0.720	37,874	301	0
212+260 - 216+520	Terraplén	4.260	64	437,071	0
216+520 - 216+700	Corte	0.180	359	70	0
216+700 - 219+780	Terraplén	3.080	86	605,946	0
219+780 - 220+640	Corte	0.860	91,425	307	0
220+640 - 220+840	Terraplén	0.200	94	33,959	0
220+840 - 220+860	Corte	0.020	70	7	0
220+860 - 221+000	Terraplén	0.140	60	8,203	0
221+000 - 223+300	Viaducto	2.300	0	1,910	0
223+300 - 223+311	Sin movimiento	0.011	0	0	0
223+311 - 223+880	Terraplén	0.569	24	67,284	0
223+880 - 224+360	Corte	0.480	43,066	287	0
224+360 - 224+440	Terraplén	0.080	0	5,560	0
224+440 - 225+100	Viaducto	0.660	0	3,102	0
225+100 - 225+106	Sin movimiento	0.006	0	0	0
225+106 - 225+540	Terraplén	0.434	360	118,256	0
225+540 - 225+620	Corte	0.080	613	95	0
225+620 - 226+240	Terraplén	0.620	377	30,391	0
226+240 - 227+300	Corte	1.060	1,019,705	1,603	0
227+300 - 229+560	Terraplén	2.260	7	349,271	0
229+560 - 229+680	Viaducto	0.120	0	4,069	0
229+680 - 229+686	Sin movimiento	0.006	0	0	0
229+686 - 231+505	Terraplén	1.819	0	634,485	0
231+505 - 231+605	Sin movimiento	0.100	0	0	0
231+605 - 231+740	Terraplén	0.135	41	19,571	0
231+740 - 233+800	Corte	2.060	3,106,168	877	0
233+800 - 234+100	Terraplén	0.300	184	32,566	0
234+100 - 234+426.63	Corte	0.327	6,556	184	0
234+426.63 - 236+100	Terraplén	1.673	15	495,352	0
236+100 - 236+240	Corte	0.140	1,183	80	0

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Solución constructiva	Longitud (km)	Vol. corte (m³)	Vol. terraplén / relleno (m³)	Vol. muro (m³)
236+240 - 238+260	Viaducto	2.020	12	223	0
238+260 - 238+274	Sin movimiento	0.014	0	0	0
238+274 - 238+320	Terraplén	0.046	97	1,734	0
238+320 - 238+480	Corte	0.160	6,743	148	0
238+480 - 240+500	Terraplén	2.020	2,236	736,281	0
240+500 - 241+320	Corte	0.820	106,371	210	0
241+320 - 241+980	Terraplén	0.660	20	51,222	0
241+980 - 242+480	Corte	0.500	85,356	206	0
242+480 - 242+900	Viaducto	0.420	31,372	271	0
242+900 - 243+000	Sin movimiento	0.100	0	0	0
243+000 - 243+900	Tierra armada	0.900	9	149,827	6,030
243+900 - 243+920	Terraplén	0.020	33	164	0
243+920 - 244+660	Corte	0.740	26,357	442	0
244+660 - 245+500	Terraplén	0.840	519	51,974	0
Total		**245.500**	**20,270,662**	**16,324,072**	**69,606**

Del cadenamiento clasificado, el terraplén representa la solución dominante con 135.078 km (55.0 % del trazo) en 139 tramos, seguido del corte con 61.947 km (25.2 %) en 119 tramos, los 17 viaductos con 34.091 km (13.9 %), la tierra armada con 13.045 km (5.3 %) en 20 tramos y los tramos sin movimiento de tierras con 1.339 km (0.5 %) en 17 tramos, para un total de 245.5 km. En conjunto, se estima un volumen de 20,270,662 m³ de corte, 16,324,072 m³ de terraplén o relleno y 69,606 m³ de muro de tierra armada.

I.6.2. Terraplén

El terraplén es la estructura de material térreo mediante la cual se eleva la rasante del terreno natural hasta el nivel requerido por la plataforma ferroviaria, conformando un cuerpo compactado por capas con taludes laterales de pendiente definida por el proyecto ejecutivo. Su construcción comprende la preparación de la superficie de desplante, el tendido y compactación de capas sucesivas de material seleccionado (conforme a la normativa N-CMT-1-01, Materiales para Terraplén, y N-CTR-CAR-1-01-002, Terraplenes, de la SICT), y el control topográfico de niveles, anchos y taludes hasta alcanzar la subrasante de proyecto. Es la solución constructiva de plataforma más empleada en el tramo analizado, al requerir menor complejidad y costo constructivo cuando el derecho de vía dispone de espacio suficiente para alojar los taludes laterales. . Se identifican 139 tramos en terraplén, con una longitud conjunta de 135.078 km, cuyo cadenamiento se presenta en la tabla siguiente.

Tabla I.12. Cadenamiento de los tramos con solución constructiva en terraplén, Pk 0+000 a 245+500.

Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
4+700 - 4+760	0.060
4+980 - 5+020	0.040
5+260 - 6+560	1.300
6+620 - 6+740	0.120
6+820 - 6+980	0.160

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
7+040 - 7+600	0.560
7+620 - 8+080	0.460
8+120 - 8+660	0.540
8+960 - 9+180	0.220
10+020 - 10+840	0.820
11+940 - 12+100	0.160
12+720 - 12+740	0.020
12+820 - 12+840	0.020
12+880 - 13+140	0.260
13+200 - 13+600	0.400
14+720 - 15+540	0.820
15+580 - 15+600	0.020
15+720 - 15+900	0.180
15+940 - 17+040	1.100
17+100 - 17+180	0.080
17+240 - 17+840	0.600
18+199.55 - 18+200	0.000
20+440 - 20+500	0.060
20+980 - 21+300	0.320
21+320 - 21+720	0.400
22+460 - 22+960	0.500
23+000 - 23+380	0.380
23+500 - 24+020	0.520
24+080 - 24+120	0.040
24+400 - 24+480	0.080
24+500 - 24+560	0.060
24+580 - 24+620	0.040
24+660 - 25+360	0.700
25+380 - 26+200	0.820
26+440 - 26+580	0.140
27+000 - 27+060	0.060
27+100 - 27+520	0.420
27+540 - 28+960	1.420
29+000 - 29+200	0.200
29+900 - 30+200	0.300
30+380 - 30+580	0.200
34+600 - 34+620	0.020
34+960 - 35+200	0.240
37+640 - 37+780	0.140
38+420 - 39+280	0.860
40+160 - 40+240	0.080
40+460 - 40+480	0.020
40+960 - 41+400	0.440
42+080 - 42+100	0.020
50+200 - 50+560	0.360
50+580 - 50+620	0.040
50+660 - 50+700	0.040
51+100 - 51+140	0.040
51+280 - 51+960	0.680
52+060 - 53+800	1.740
53+840 - 54+320	0.480
54+440 - 54+820	0.380
54+860 - 55+060	0.200
55+120 - 55+860	0.740
55+900 - 55+940	0.040
59+260 - 59+480	0.220
64+300 - 64+420	0.120
66+240 - 67+320	1.080
67+620 - 68+240	0.620
68+380 - 68+800	0.420

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
68+880 - 81+400	12.520
81+460 - 81+640	0.180
82+320 - 83+080	0.760
85+800 - 86+760	0.960
86+800 - 86+860	0.060
86+900 - 87+040	0.140
87+060 - 97+199.55	10.140
97+270 - 97+460	0.190
98+440 - 98+620	0.180
101+380 - 101+800	0.420
102+040 - 102+680	0.640
103+100 - 104+760	1.660
106+700 - 107+380	0.680
108+180 - 115+040	6.860
115+680 - 115+900	0.220
117+440 - 118+560	1.120
119+700 - 121+780	2.080
121+920 - 122+860	0.940
124+880 - 127+540	2.660
129+320 - 129+800	0.480
130+060 - 130+540	0.480
132+240 - 132+400	0.160
132+420 - 133+040	0.620
133+180 - 135+000	1.820
135+060 - 135+320	0.260
135+620 - 137+500	1.880
137+520 - 137+980	0.460
138+060 - 139+060	1.000
139+160 - 140+800	1.640
140+820 - 140+860	0.040
143+420 - 150+600	7.180
150+800 - 154+120	3.320
154+700 - 154+860	0.160
155+058 - 155+900	0.842
156+220 - 168+660	12.440
168+940 - 169+100	0.160
169+320 - 170+460	1.140
171+840 - 173+100	1.260
175+000 - 175+120	0.120
177+780 - 179+840	2.060
181+340 - 181+360	0.020
181+880 - 182+640	0.760
183+260 - 183+880	0.620
184+200 - 184+800	0.600
185+220 - 185+840	0.620
187+500 - 188+880	1.380
190+180 - 190+580	0.400
191+180 - 192+680	1.500
200+010 - 200+420	0.410
200+920 - 201+580	0.660
202+920 - 203+880	0.960
204+540 - 205+700	1.160
206+020 - 207+340	1.320
207+860 - 207+900	0.040
209+540 - 211+380	1.840
211+460 - 211+540	0.080
212+260 - 216+520	4.260
216+700 - 219+780	3.080
220+640 - 220+840	0.200
220+860 - 221+000	0.140

CONSULTA PÚBLICA



Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
223+311 - 223+880	0.569
224+360 - 224+440	0.080
225+106 - 225+540	0.434
225+620 - 226+240	0.620
227+300 - 229+560	2.260
229+686 - 231+505	1.819
231+605 - 231+740	0.135
233+800 - 234+100	0.300
234+426.63 - 236+100	1.673
238+274 - 238+320	0.046
238+480 - 240+500	2.020
241+320 - 241+980	0.660
243+900 - 243+920	0.020
244+660 - 245+500	0.840
Total	**135.078**

I.6.3. Cortes

Los cortes consisten en la excavación del terreno natural hasta alcanzar la rasante y el ancho de plataforma definidos por el proyecto ejecutivo, en los sitios donde la topografía se encuentra por encima del nivel requerido para la vía. Su ejecución se realiza conforme a las líneas de proyecto y de ceros, con taludes cuya inclinación garantiza la estabilidad del corte y permite el drenaje natural del agua superficial, conforme a las normas N-CTR-CAR-1-01-003, Cortes, y N-CTR-CAR-1-01-006, Afinamiento, de la SICT. Los materiales producto de corte que cumplan con las especificaciones de calidad aplicables se reincorporan, en la medida de lo posible, a la conformación del cuerpo de terraplén en otros tramos del proyecto, reduciendo así la necesidad de bancos de materiales y de sitios de disposición final. Se identifican 119 tramos en corte, con una longitud conjunta de 61.947 km, cuyo cadenamiento se presenta en la tabla siguiente.

Tabla I.13. Cadenamiento de los tramos con solución constructiva en corte, Pk 0+000 a 245+500. Elaboración propia.

Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
0+000 - 0+100	0.100
4+760 - 4+980	0.220
5+020 - 5+260	0.240
6+560 - 6+620	0.060
6+740 - 6+820	0.080
6+980 - 7+040	0.060
7+600 - 7+620	0.020
8+080 - 8+120	0.040
8+660 - 8+960	0.300
12+100 - 12+720	0.620
12+740 - 12+820	0.080
12+840 - 12+880	0.040
13+140 - 13+200	0.060
13+600 - 14+720	1.120
15+540 - 15+580	0.040
15+600 - 15+720	0.120
15+900 - 15+940	0.040
17+040 - 17+100	0.060
17+180 - 17+240	0.060
20+500 - 20+980	0.480

CONSULTA PÚBLICA



Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
21+300 - 21+320	0.020
22+960 - 23+000	0.040
23+380 - 23+500	0.120
24+020 - 24+080	0.060
24+120 - 24+400	0.280
24+480 - 24+500	0.020
24+560 - 24+580	0.020
24+620 - 24+660	0.040
25+360 - 25+380	0.020
26+200 - 26+440	0.240
26+580 - 27+000	0.420
27+060 - 27+100	0.040
27+520 - 27+540	0.020
28+960 - 29+000	0.040
30+200 - 30+380	0.180
34+620 - 34+960	0.340
37+780 - 38+420	0.640
39+280 - 40+160	0.880
40+240 - 40+460	0.220
40+480 - 40+960	0.480
41+400 - 42+080	0.680
50+560 - 50+580	0.020
50+620 - 50+660	0.040
50+700 - 51+100	0.400
51+140 - 51+280	0.140
51+960 - 52+060	0.100
53+800 - 53+840	0.040
54+320 - 54+440	0.120
54+820 - 54+860	0.040
55+060 - 55+120	0.060
55+860 - 55+900	0.040
55+940 - 59+260	3.320
64+420 - 66+240	1.820
67+320 - 67+620	0.300
68+240 - 68+380	0.140
68+800 - 68+880	0.080
81+400 - 81+460	0.060
81+640 - 82+320	0.680
86+760 - 86+800	0.040
86+860 - 86+900	0.040
87+040 - 87+060	0.020
97+460 - 98+440	0.980
98+620 - 101+380	2.760
101+800 - 102+040	0.240
102+680 - 103+100	0.420
104+760 - 106+700	1.940
107+380 - 108+180	0.800
115+040 - 115+680	0.640
115+900 - 117+440	1.540
118+560 - 119+700	1.140
121+780 - 121+920	0.140
122+860 - 124+880	2.020
127+540 - 129+320	1.780
129+800 - 130+060	0.260
130+540 - 132+240	1.700
132+400 - 132+420	0.020
133+040 - 133+180	0.140
135+000 - 135+060	0.060
135+320 - 135+620	0.300
137+500 - 137+520	0.020

CONSULTA PÚBLICA





Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
137+980 - 138+060	0.080
139+060 - 139+160	0.100
140+800 - 140+820	0.020
140+860 - 143+420	2.560
154+120 - 154+700	0.580
155+900 - 156+220	0.320
168+660 - 168+940	0.280
169+100 - 169+320	0.220
170+460 - 171+840	1.380
173+100 - 175+000	1.900
175+120 - 177+780	2.660
179+840 - 181+340	1.500
181+360 - 181+880	0.520
182+640 - 183+260	0.620
183+880 - 184+200	0.320
184+800 - 185+220	0.420
185+840 - 187+500	1.660
188+880 - 190+180	1.300
190+580 - 191+180	0.600
200+420 - 200+920	0.500
203+880 - 204+540	0.660
205+700 - 206+020	0.320
207+340 - 207+860	0.520
207+900 - 209+540	1.640
211+380 - 211+460	0.080
211+540 - 212+260	0.720
216+520 - 216+700	0.180
219+780 - 220+640	0.860
220+840 - 220+860	0.020
223+880 - 224+360	0.480
225+540 - 225+620	0.080
226+240 - 227+300	1.060
231+740 - 233+800	2.060
234+100 - 234+426.63	0.327
236+100 - 236+240	0.140
238+320 - 238+480	0.160
240+500 - 241+320	0.820
241+980 - 242+480	0.500
243+920 - 244+660	0.740
Total	**61.947**

Dentro del tramo analizado se identifican cuatro zonas con cortes de importancia, de altura igual o mayor a 15 metros, cuyo material producto de corte constituye una fuente potencial de materiales para la propia obra, sujeta a la verificación de sus características mediante los ensayes de laboratorio correspondientes.

Tabla I.14. Cortes de importancia (≥15 m) identificados en el trazo. Elaboración propia.

Zona	Cadenamiento (Pk)	Altura máx. (m)	Tipo de roca	Calidad	Estabilidad	Volumen de material (m³)
1	097+440 - 98+440	55.81	Basalto andesítico	Buena	Estable	19,866,459
1	98+620 - 101+200	55.81	Basalto andesítico	Buena	Estable	19,866,459
2	115+900 - 117+400	49.46	Riolita	Regular	Parcialmente estable	9,448,654

CONSULTA PÚBLICA





Zona	Cadenamiento (Pk)	Altura máx. (m)	Tipo de roca	Calidad	Estabilidad	Volumen de material (m³)
2	118+580 - 119+500	25.21	Riolita	Regular	Parcialmente estable	9,448,654
3	207+900 - 209+500	32.88	Andesita-basalto	Regular	Parcialmente estable	4,376,986
3	226+200 - 227+300	28.78	Riolita	Buena	Estable	2,352,189
4	231+900 - 233+500	48.85	Basalto	Muy buena	Totalmente estable	9,340,120

I.6.4. Tierra armada

La tierra armada es una solución de suelo reforzado y confinado, distinta del terraplén convencional: se conforma también con material térreo compactado por capas, pero reforzado internamente mediante elementos de refuerzo (geomallas u otros) y confinado en su paramento exterior por escamas prefabricadas de concreto, lo que permite lograr un frente prácticamente vertical. A diferencia del terraplén, que requiere espacio lateral para desarrollar un talud natural, la tierra armada permite conformar una plataforma angosta o elevada sin ese requerimiento de espacio, sin llegar a constituir una estructura de concreto o acero completa como la de un viaducto. En el proyecto, esta solución se emplea principalmente en los tramos contiguos a los viaductos y en los sitios donde el derecho de vía se estrecha. Se identifican 20 tramos en tierra armada, con una longitud conjunta de 13.045 km y un volumen estimado de muro de 69,606 m³; su longitud individual varía entre 20 m y 2,440 m.

Tabla I.15. Cadenamiento de los tramos con solución constructiva en tierra armada, Pk 0+000 a 245+500.

Cadenamiento (Pk)	Longitud aprox. (km)
0+100 - 0+300	0.200
4+500 - 4+700	0.200
9+180 - 10+020	0.840
10+840 - 11+940	1.100
17+840 - 18+199.55	0.360
20+200 - 20+440	0.240
21+720 - 22+460	0.740
29+200 - 29+900	0.700
30+580 - 30+999.55	0.420
34+000 - 34+600	0.600
35+200 - 37+640	2.440
42+100 - 42+400	0.300
50+000 - 50+200	0.200
59+480 - 59+600	0.120
64+100 - 64+300	0.200
192+680 - 193+440	0.760
194+810 - 195+940	1.130
197+604 - 199+180	1.576
202+900 - 202+920	0.020
243+000 - 243+900	0.900
Total	**13.045**

I.6.5. Viaductos

La selección del sistema estructural para los viaductos, ya sea mediante estructuras de concreto o de acero, se determina a partir de un análisis integral de las condiciones particulares de cada sitio, considerando principalmente el trazo, la geotecnia, la geología y la hidrología, así

CONSULTA PÚBLICA



como las condiciones constructivas correspondientes. Para claros convencionales se considera la solución en concreto como una alternativa viable y eficiente; conforme aumenta la longitud del claro, las condiciones de peso propio, constructibilidad y comportamiento estructural adquieren mayor relevancia, por lo que, como criterio de referencia, cuando la longitud de un claro es superior a 50 metros se considera preferentemente una solución estructural de acero. La configuración de los apoyos podrá resolverse mediante pilas tipo pórtico o mediante marcos; la solución mediante marcos se considera principalmente cuando es necesario librar alguna construcción existente o la vía de carga actualmente construida que se encuentre debajo del nuevo proyecto de pasajeros, con el objeto de evitar interferencias con la infraestructura existente y garantizar su continuidad operativa. En todos los casos, la solución definitiva se define considerando las condiciones y restricciones identificadas por las distintas disciplinas involucradas, así como los requerimientos estructurales y constructivos de cada viaducto.

Se han identificado 17 viaductos (designados de la A a la Q) a lo largo del trazo, comprendidos entre el Pk 0+423.01 y el Pk 242+900, con una longitud conjunta de 34.091 km. El de mayor longitud corresponde al viaducto D, ubicado entre el Pk 42+423.91 y el Pk 49+801.09 (7.377 km). El viaducto Q corresponde al cruce del río Santiago, cuyo procedimiento constructivo se describe en el apartado I.6.11.1. En los extremos de varios viaductos se presentan tramos cortos sin movimiento de tierras, los cuales se indican en la Tabla I.10. El cadenamiento y la longitud de cada viaducto se presentan a continuación.

Tabla I.16. Viaductos identificados, con su cadenamiento y longitud.

Viaducto	Cadenamiento (Pk)	Longitud (km)
A	0+423.01 - 4+500	4.077
B	18+296 - 20+200	1.904
C	30+999.55 - 34+000	3.000
D	42+423.91 - 49+801.09	7.377
E	59+797.88 - 64+000	4.202
F	83+080 - 85+800	2.720
G	97+199.55 - 97+270	0.070
H	154+860 - 155+020	0.160
I	193+440 - 194+800	1.360
J	195+940 - 197+600	1.660
K	199+180 - 199+900	0.720
L	201+580 - 202+900	1.320
M	221+000 - 223+300	2.300
N	224+440 - 225+100	0.660
O	229+560 - 229+680	0.120
P	236+240 - 238+260	2.020
Q (Río Santiago)	242+480 - 242+900	0.420
Total		**34.091**

I.6.6. Patios

Al inicio del trazo, en el tramo de arranque desde el patio ferroviario Ferromex en Irapuato, la plataforma no se resuelve mediante terraplén, corte, tierra armada o viaducto convencionales, sino mediante el emplazamiento y la convivencia directa con la infraestructura del patio ferroviario existente. En el primer tramo (Pk 0+000 a 0+200) la vía de pasajeros se emplaza dentro de una plataforma en terraplén que aloja 17 ejes de vía, de los cuales 15 corresponden a vías de carga; en el tramo siguiente (Pk 0+200 a 0+300) la vía de pasajeros

CONSULTA PÚBLICA

convive con 11 ejes de vía de carga, desarrollándose sobre una plataforma de altura variable confinada con muros de contención, con un ancho de 12.50 metros.

Tabla I.17. Cadenamiento de los tramos con emplazamiento y convivencia con el patio ferroviario Ferromex Irapuato.

Cadenamiento (Pk)	Descripción	Longitud aprox. (km)
0+000 - 0+200	Emplazamiento a Patio Ferromex Irapuato	0.2
0+200 - 0+300	Convivencia con Patio Ferromex Irapuato	0.1
Total		**0.3**

I.6.7. Pasos superiores e inferiores ferroviarios

Los pasos superiores e inferiores ferroviarios son estructuras de obra civil que permiten el cruce del trazo ferroviario sobre o bajo otras vías de comunicación (carreteras, líneas férreas existentes o caminos locales), restituyendo la movilidad transversal de las comunidades urbanas y agrarias y garantizando cruces seguros e ininterrumpidos entre ambas infraestructuras.

Las interferencias del proyecto con la infraestructura vial existente (caminos, vialidades y ejes de vía de carga) se resuelven mediante soluciones tipo, clasificadas conforme a la nomenclatura empleada para pasos vehiculares y peatonales establecida en la norma técnica N-PRY-CAR-6-01-028/21, "Clasificación de puentes o estructuras similares", validada mediante el oficio 3.7.4-0609/2026, emitido por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). A continuación, se describen las soluciones preliminares identificadas por tipo de camino o vialidad.

I.6.7.1. Camino tipo E

Paso a desnivel superior. Se pretende hacer una estructura tipo puente sobre el eje de vía considerando especificaciones generales de construcción y medidas de seguridad como lo son parapetos en los extremos (sistema constructivo de la sección no especificado).

Paso a desnivel inferior. Este paso está ubicado por debajo de la vialidad; en su construcción se debe considerar el gálibo mínimo, que es mayor o igual a 2.50 metros, y el ancho de la corona, que debe ser mayor o igual a 3.50 metros.

CONSULTA PÚBLICA

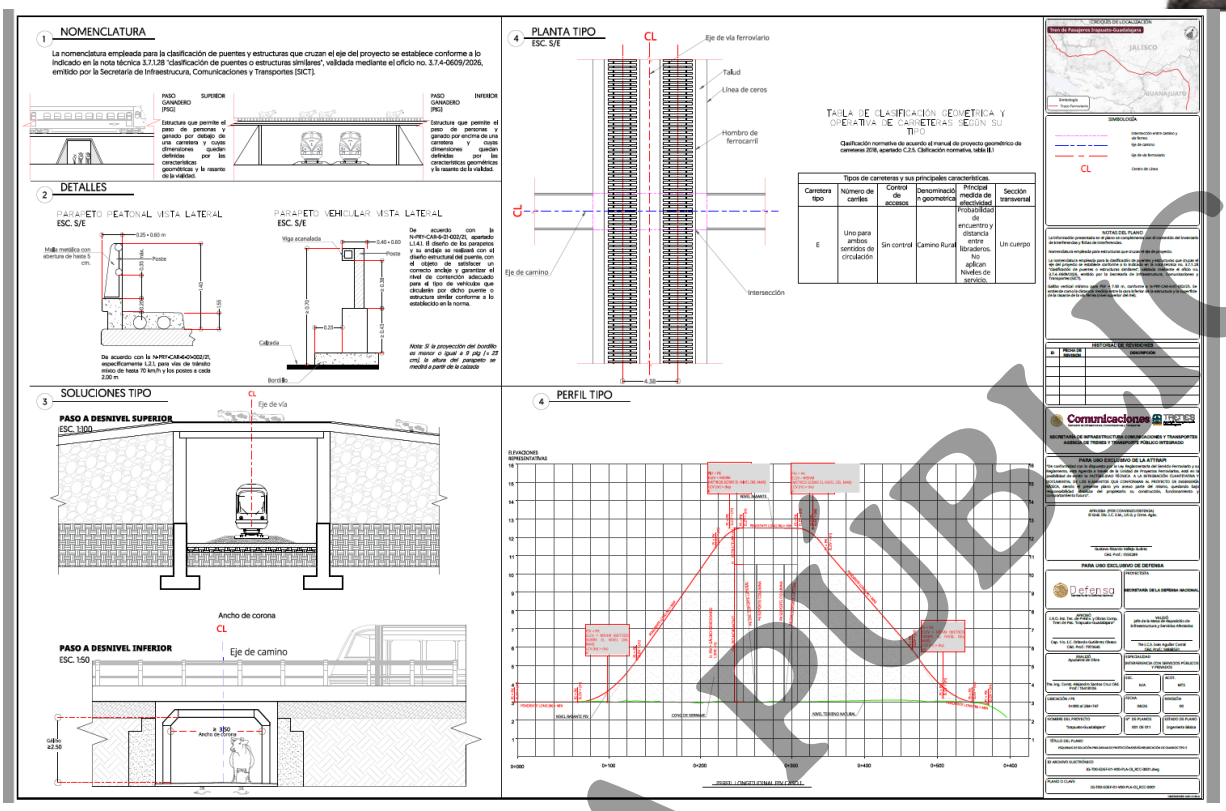


Figura I.3. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo E. Elaboración propia.

I.6.7.2. Camino tipo D

Paso a nivel. Paso a nivel de terreno, proyectado con una plataforma de ancho de 9.00 metros, conformando su corona de pavimento conforme a especificaciones con un bombeo de 2.00%. Este paso puede no tener acotamientos.

Paso superior ferroviario. Se proyecta una estructura conformada por columnas robustas cuyas especificaciones serán definidas a partir de la ubicación y capacidades del suelo, seguidas por una losa de concreto y trabes prefabricadas que serán colocadas con maquinaria disponible en obra. El ancho de corona será de 9.00 metros con un bombeo de 2.00%; este caso puede no contar con acotamientos. Altura mínima de gálibo de 7.50 metros.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, considerando un gálibo vertical mínimo de 5.50 metros y un ancho de corona de 9.00 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

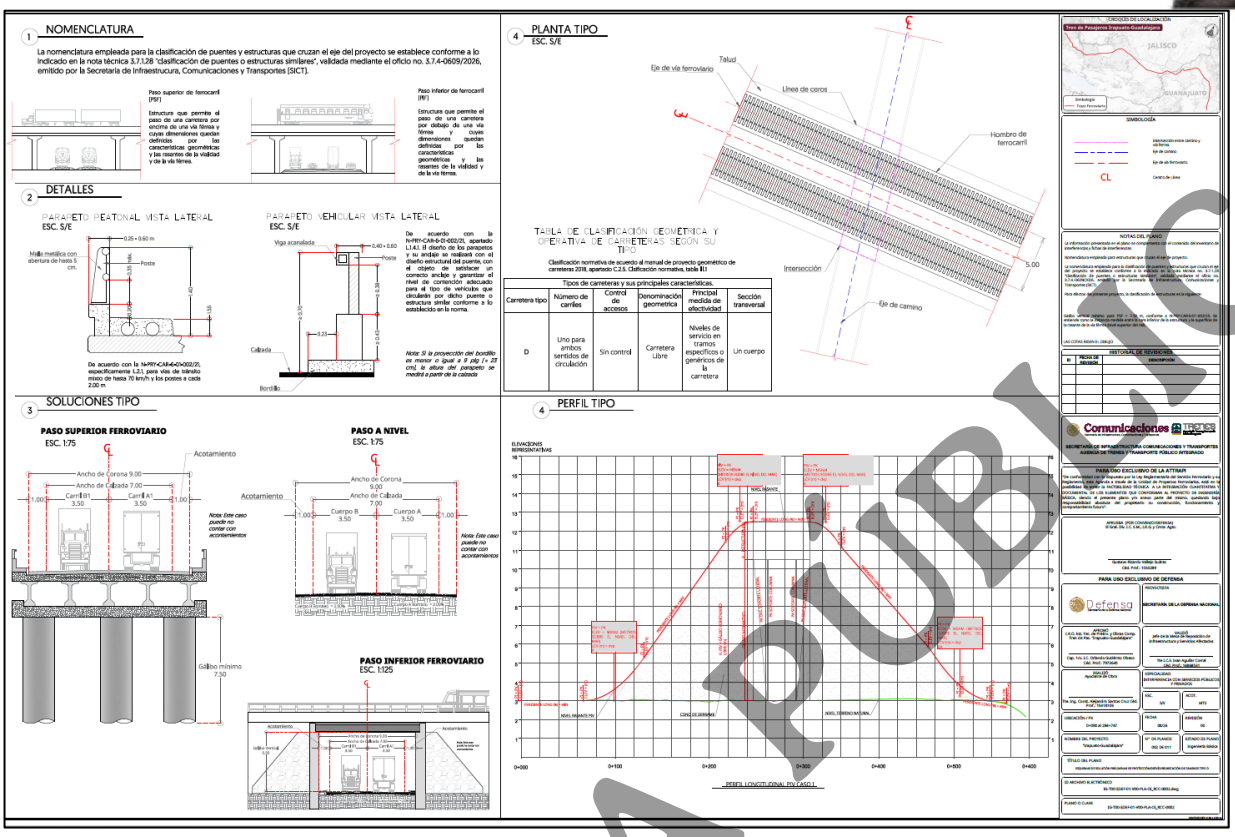


Figura I.4. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo D. Elaboración propia.

I.6.7.3. Camino tipo C

Paso a nivel. Paso a nivel de terreno, proyectado con una plataforma de ancho de 9.60 metros, conformando su corona de pavimento conforme a especificaciones con un bombeo de 2.00%, incluyendo acotamientos de 1.80 metros, con un mínimo de 1.00 metro.

Paso de desnivel superior. Se proyecta una estructura conformada por columnas robustas cuyas especificaciones serán definidas a partir de la ubicación y capacidades del suelo, seguidas por una losa de concreto y trabes prefabricadas que serán colocadas con maquinaria disponible en obra. El ancho de corona será de 9.60 metros con un bombeo de 2.00% y acotamientos de 1.80 metros, mínimo 1.00 metro. Altura mínima de gálibo de 7.50 metros.

Paso de desnivel inferior. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, considerando un gálibo vertical mínimo de 5.50 metros y un ancho de corona de 9.60 metros, con acotamientos de 1.80 metros, mínimo 1.00 metro. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

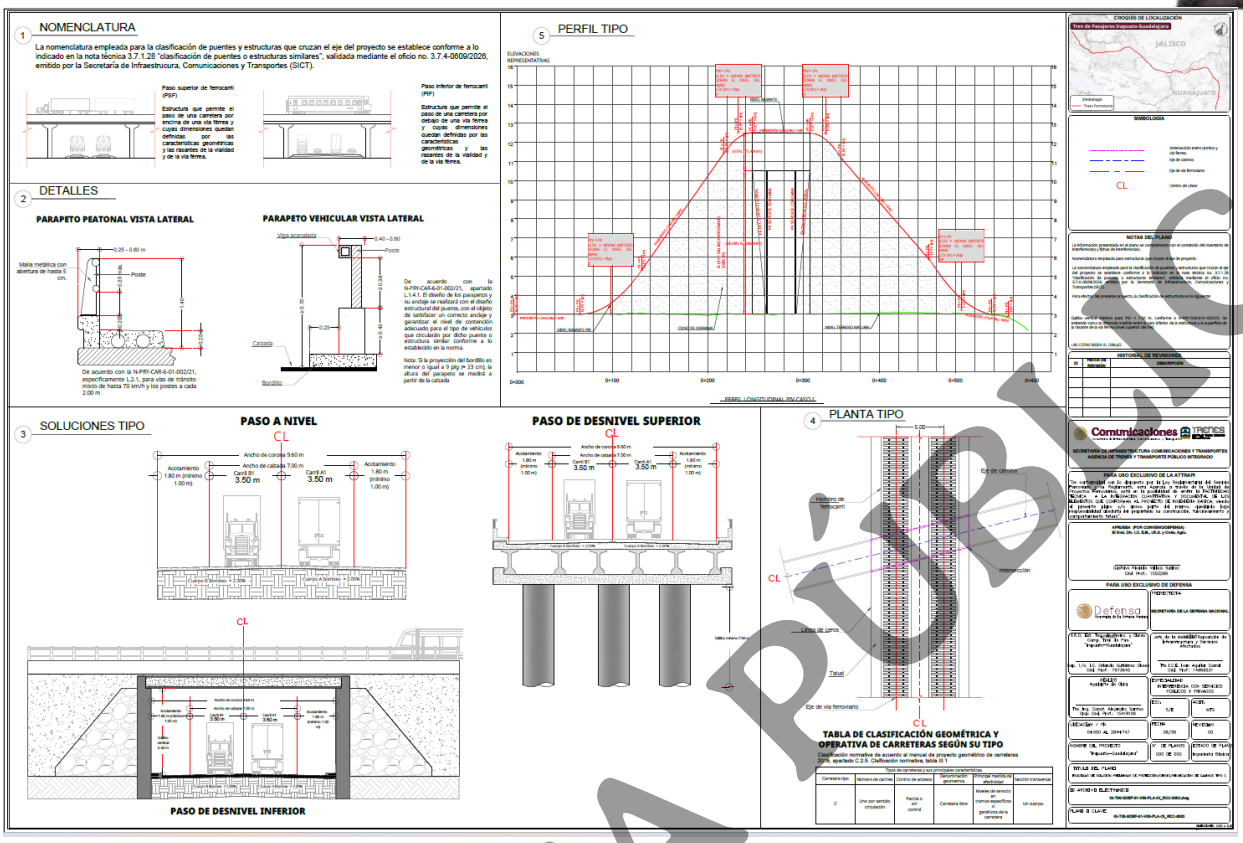


Figura I.5. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo C. Elaboración propia.

I.6.7.4. Camino tipo B

Paso a nivel. Paso a nivel de terreno, proyectado con una plataforma de ancho de 12.00 metros, conformando su corona de pavimento conforme a especificaciones con un bombeo de 2.00%, incluyendo acotamientos de 2.50 metros, con un mínimo de 1.80 metros.

Paso superior ferroviario. Se proyecta una estructura conformada por columnas robustas cuyas especificaciones serán definidas a partir de la ubicación y capacidades del suelo, seguidas por una losa de concreto y trabes prefabricadas que serán colocadas con maquinaria disponible en obra. El ancho de corona será de 12.00 metros con un bombeo de 2.00% y acotamientos de 2.50 metros, mínimo 1.80 metros. Altura mínima de gálibo de 7.50 metros.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, considerando un gálibo vertical mínimo de 5.50 metros y un ancho de corona de 12.00 metros, con acotamientos de 2.50 metros, mínimo 1.80 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

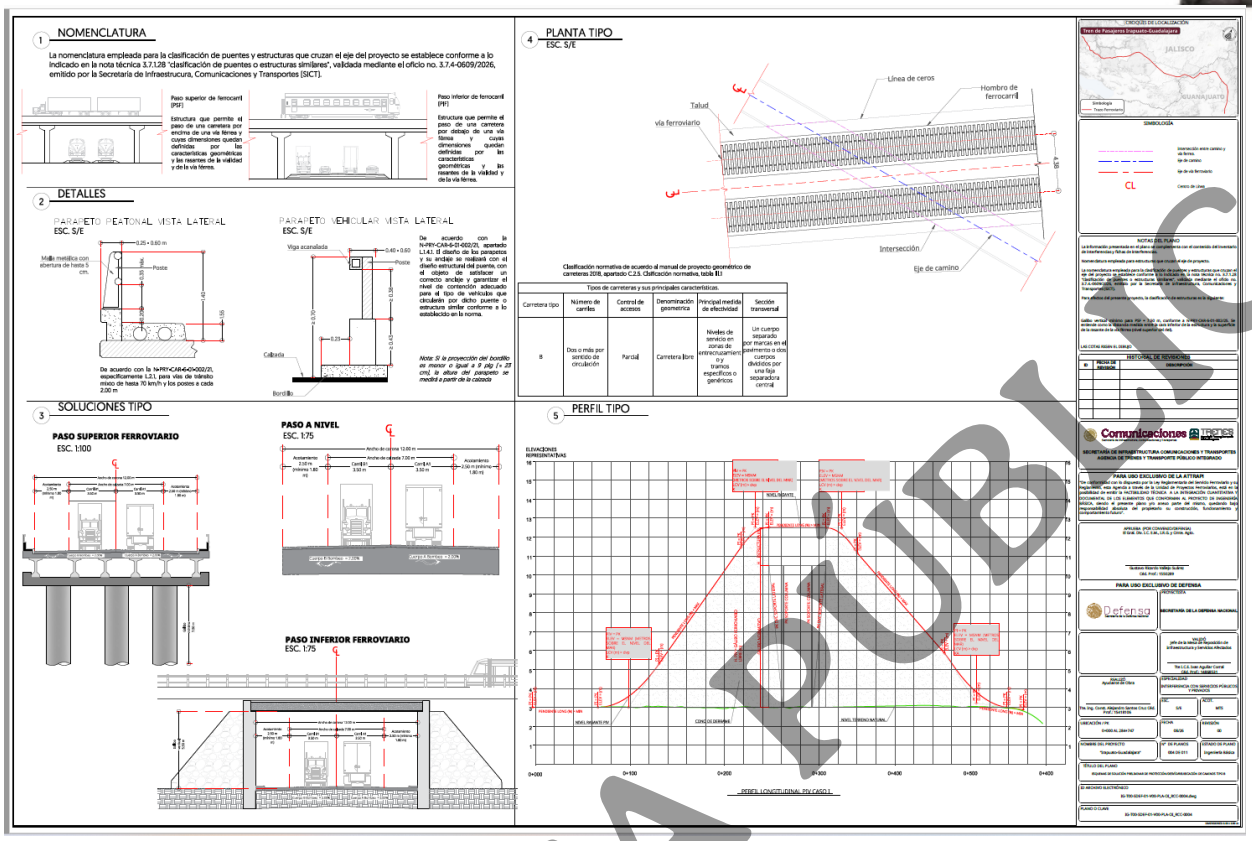


Figura I.6. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo B. Elaboración propia.

I.6.7.5. Camino tipo A

Paso a nivel. Se proyectan dos coronas, una para cada sentido, separadas por una faja separadora central mínima de 10.00 metros incluyendo acotamientos internos. El ancho de cada corona es de (número de carriles × 3.50 metros) + 4.00 metros por cuerpo, con un acotamiento externo de 3.00 metros.

Paso superior ferroviario. Se proyectan dos estructuras conformadas por columnas robustas cuyas especificaciones serán definidas a partir de la ubicación y capacidades del suelo, seguidas por una losa de concreto y trabes prefabricadas que serán colocadas con maquinaria disponible en obra. Estas estructuras reciben dos plataformas corona, una para cada sentido, separadas por una faja separadora central mínima de 10.00 metros incluyendo acotamientos internos. El ancho de cada corona es de (número de carriles × 3.50 metros) + 4.00 metros por cuerpo, con un acotamiento externo de 3.00 metros.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, considerando un gálibo vertical mínimo de 5.50 metros. Se proyectan dos coronas, una para cada sentido, separadas por una faja separadora central mínima de 10.00 metros incluyendo acotamientos internos. El ancho de cada corona es de (número de carriles × 3.50 metros) + 4.00

CONSULTA PÚBLICA

metros por cuerpo, con un acotamiento externo de 3.00 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

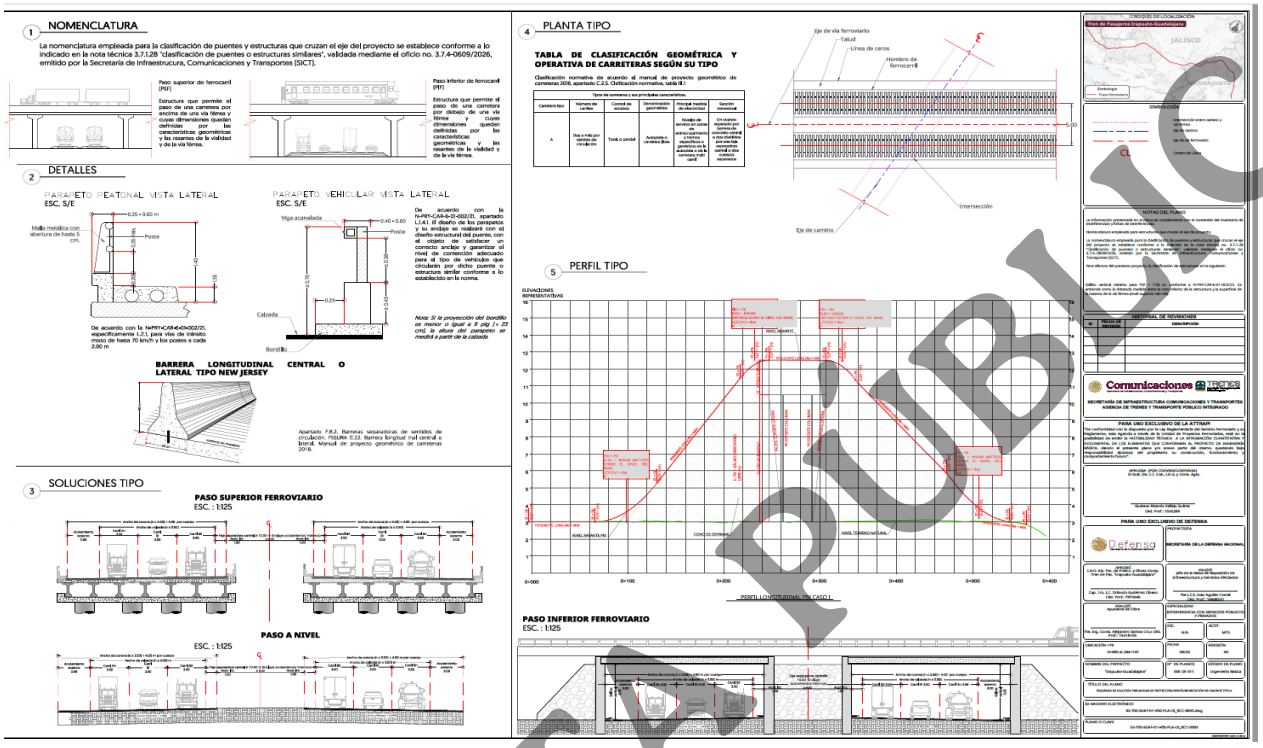


Figura I.7. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo A. Elaboración propia.

I.6.7.6. Camino tipo ET

Paso superior ferroviario. Se proyectan dos estructuras conformadas por columnas robustas cuyas especificaciones serán definidas a partir de la ubicación y capacidades del suelo, seguidas por una losa de concreto y trabes prefabricadas que serán colocadas con maquinaria disponible en obra. Estas estructuras reciben dos plataformas corona, una para cada sentido, separadas por una faja separadora central mínima de 10.00 metros incluyendo acotamientos internos. El ancho de cada corona es de (número de carriles × 3.50 metros) + 4.00 metros por cuerpo, con un acotamiento externo de 3.00 metros.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, considerando un gálibo vertical mínimo de 5.50 metros. Se proyectan dos coronas, una para cada sentido, separadas por una faja separadora central mínima de 10.00 metros incluyendo acotamientos internos. El ancho de cada corona es de (número de carriles × 3.50 metros) + 4.00 metros por cuerpo, con un acotamiento externo de 3.00 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

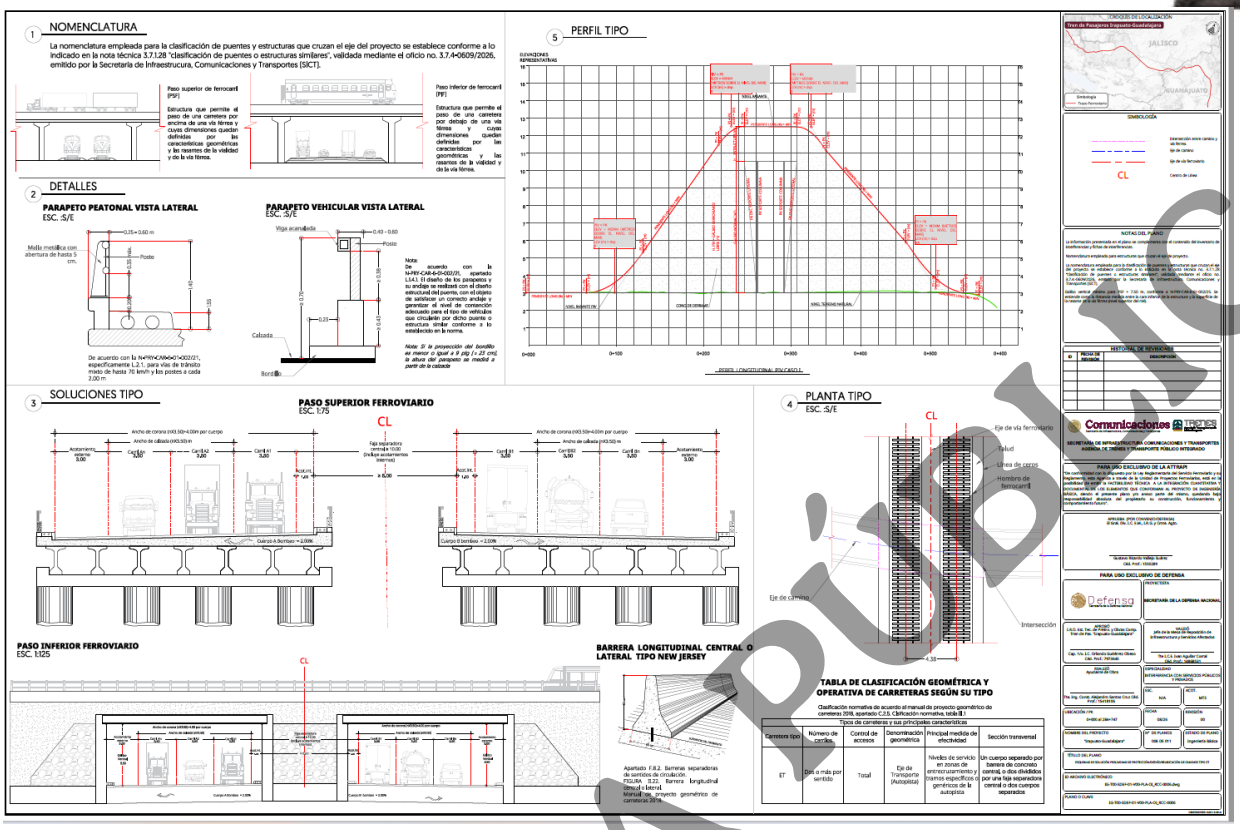


Figura I.8. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de caminos tipo ET. Elaboración propia.

I.6.7.7. Vialidad primaria

Paso superior ferroviario. Se considera una estructura conformada por trabes longitudinales prefabricadas colocadas con máquina disponible en obra, que sostiene una plataforma de 33.25 metros que alberga seis carriles de 3.00 metros separados por una faja separadora de 4.00 metros y, a cada extremo, una banqueta peatonal de 2.30 metros.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, con una plataforma de 26.00 metros que alberga seis carriles de 3.00 metros separados por una faja separadora de 4.00 metros y, a cada extremo, una banqueta peatonal de 2.00 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

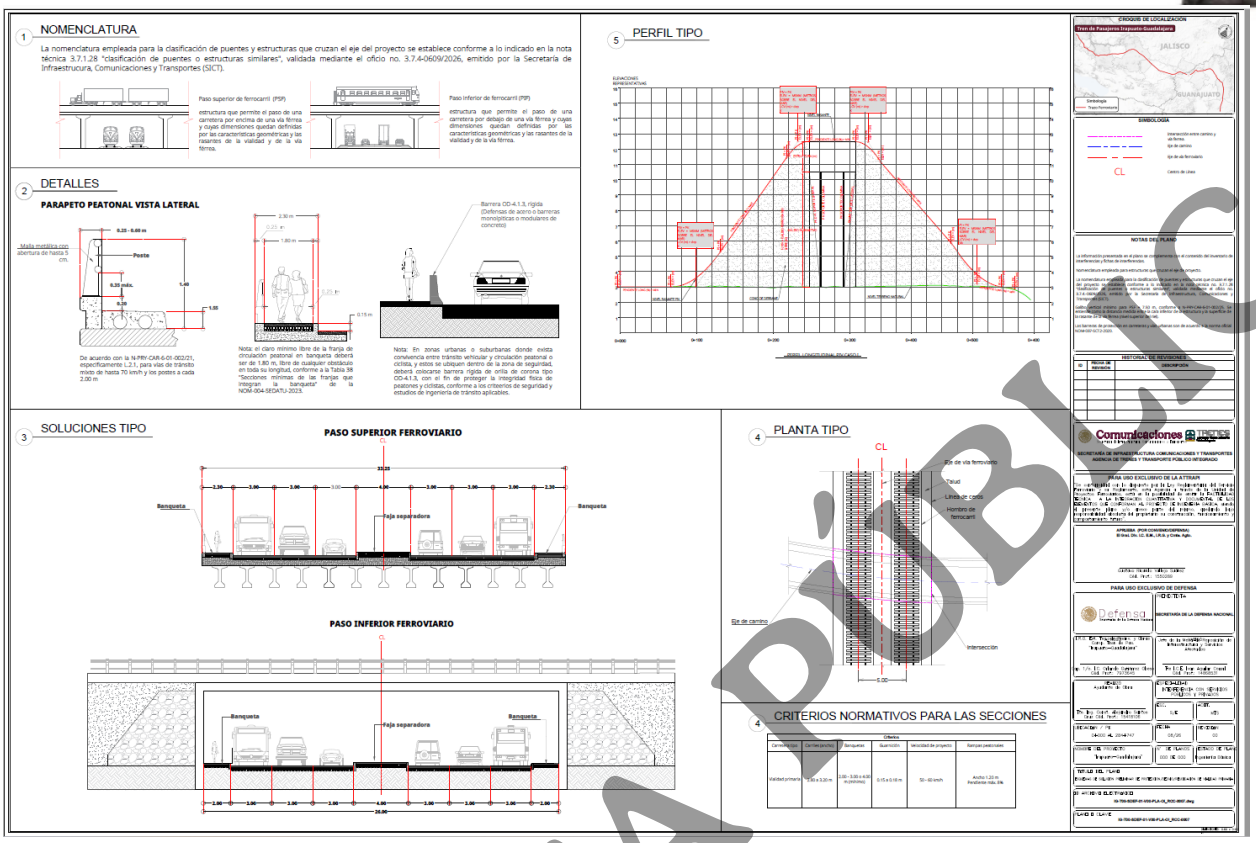


Figura I.9. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de vialidad primaria. Elaboración propia.

I.6.7.8. Vialidad secundaria

Paso superior ferroviario. Se considera una estructura conformada por trabes longitudinales prefabricadas colocadas con máquina disponible en obra, que sostiene una plataforma de 14.70 metros que alberga dos carriles de 4.30 metros separados por una faja separadora de 1.50 metros y, a cada extremo, una banqueta peatonal de 2.30 metros.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, con una plataforma de 14.10 metros que alberga dos carriles de 4.30 metros separados por una faja separadora de 1.50 metros y, a cada extremo, una banqueta peatonal de 2.00 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

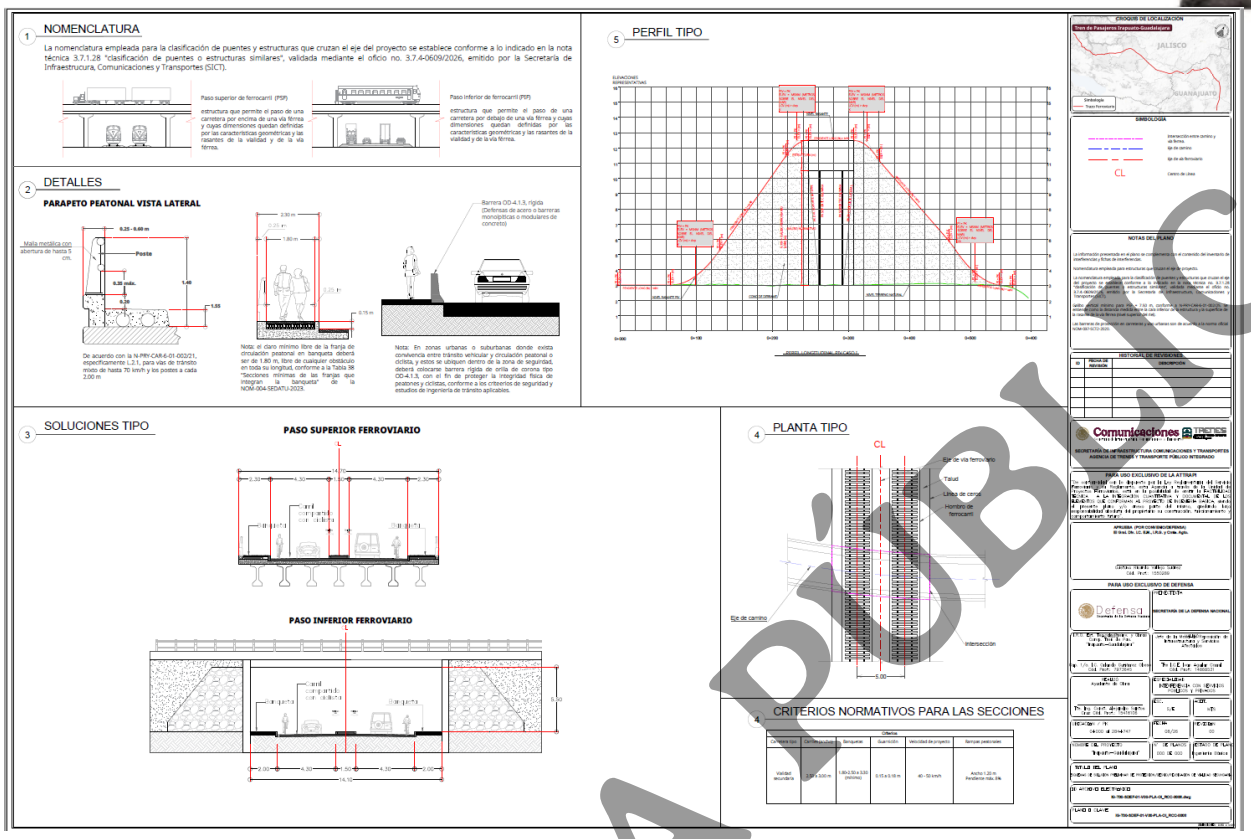


Figura I.10. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de vialidad secundaria. Elaboración propia.

I.6.7.9. Vialidad terciaria

Paso superior ferroviario. Se considera una estructura conformada por columnas robustas y trabes longitudinales prefabricadas colocadas con máquina disponible en obra, que sostiene una plataforma que alberga dos carriles de 3.00 metros y, a cada extremo, una banqueta peatonal de 2.50 metros como mínimo.

Paso inferior ferroviario. Se pretende hacer un paso por debajo de la vialidad, con una corona que alberga dos carriles de 2.50 a 3.00 metros y, a cada extremo, una banqueta peatonal de 2.50 metros como mínimo, con un gálibo mínimo de 5.50 metros. El sistema constructivo del paso está a definir; se consideran columnas de concreto armado, muros de contención y trabes prefabricadas.

CONSULTA PÚBLICA

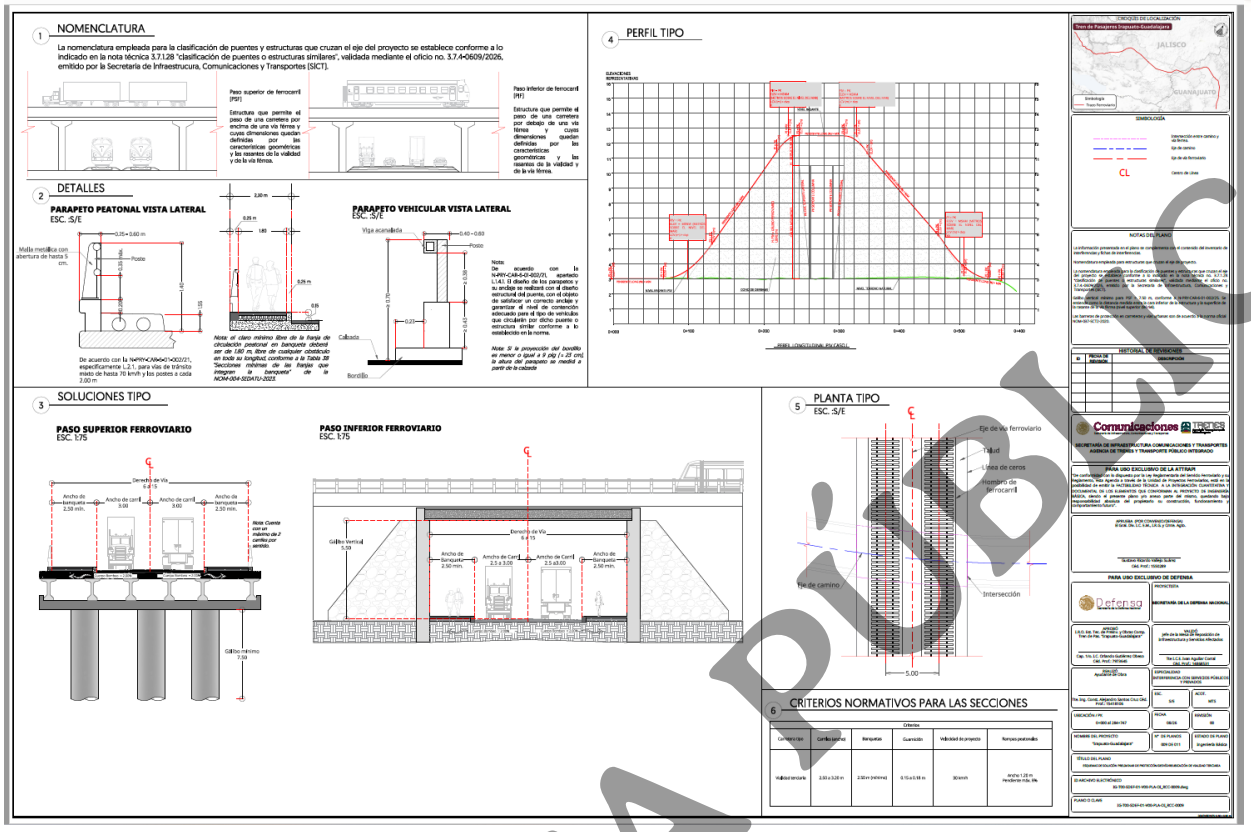


Figura I.11. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de vialidad terciaria. Elaboración propia.

I.6.7.10. Pasos a desnivel para ejes de vía (reubicación)

La sección tipo de reubicación para pasos de desnivel se conforma, desde la cimentación, con una cimentación superficial por zapatas de las que se desplantan columnas tipo caballete que terminan en cabezales para recibir trabes prefabricadas o de acero, colocadas en sitio por maquinaria disponible en obra. Esta solución tipo se proyecta para el paso de ejes de vía.

CONSULTA PÚBLICA

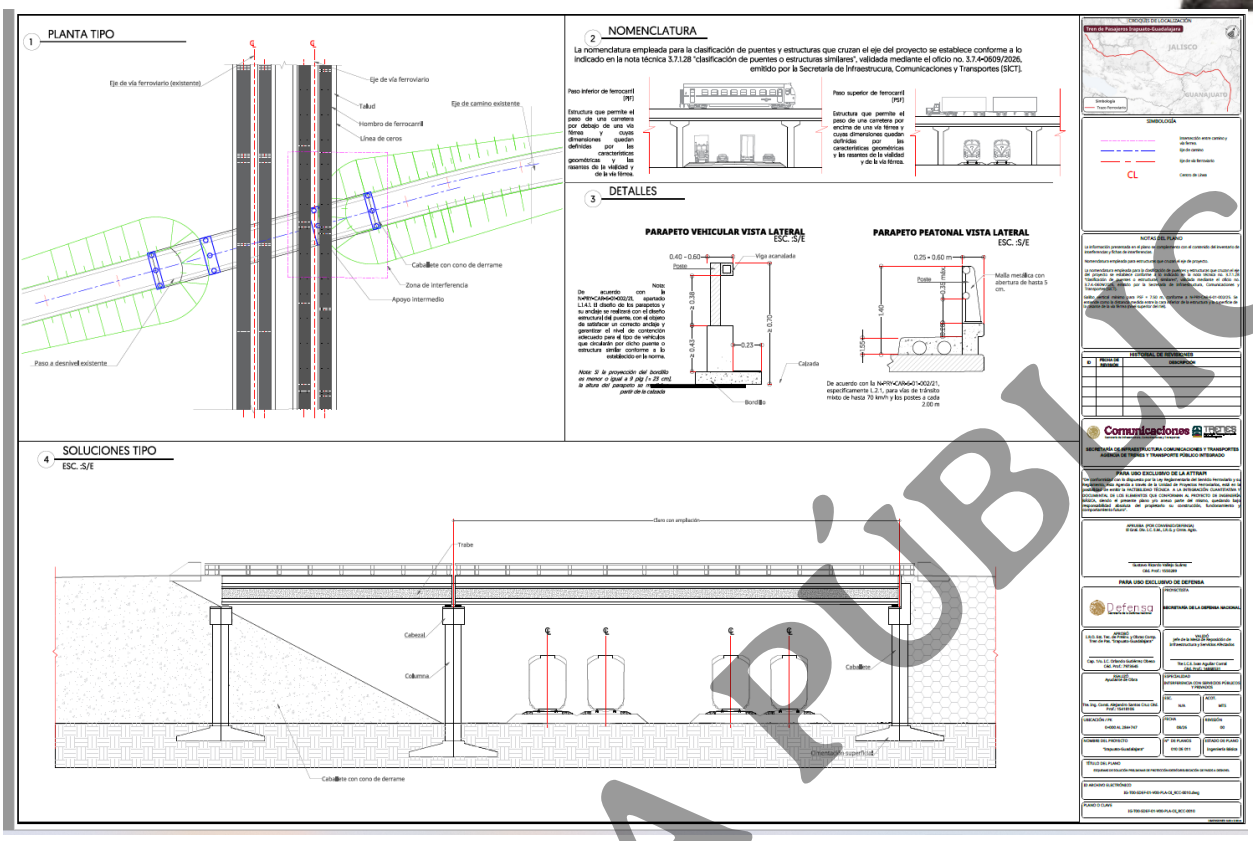


Figura I.12. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de pasos a desnivel. Elaboración propia.

I.6.7.11. Paso peatonal

La solución tipo proyecta una estructura de acero que funciona como puente de lado a lado de la vía. Su sistema de cimentación consta de zapatas aisladas cuya cantidad depende del estudio estructural. Los niveles del puente peatonal tendrán una losa a base de un sistema de losacero sección 4, calibre 22, con una capa de compresión de 10 cm con malla electrosoldada, a base de concreto con resistencia a la compresión de 250 kg/cm², de cuatro niveles con una separación vertical de 2.50 metros. Cada rampa tiene una pendiente del 8%. El barandal está conformado por tubulares con una separación de 0.15 metros, con una altura de 0.90 metros.

CONSULTA PÚBLICA

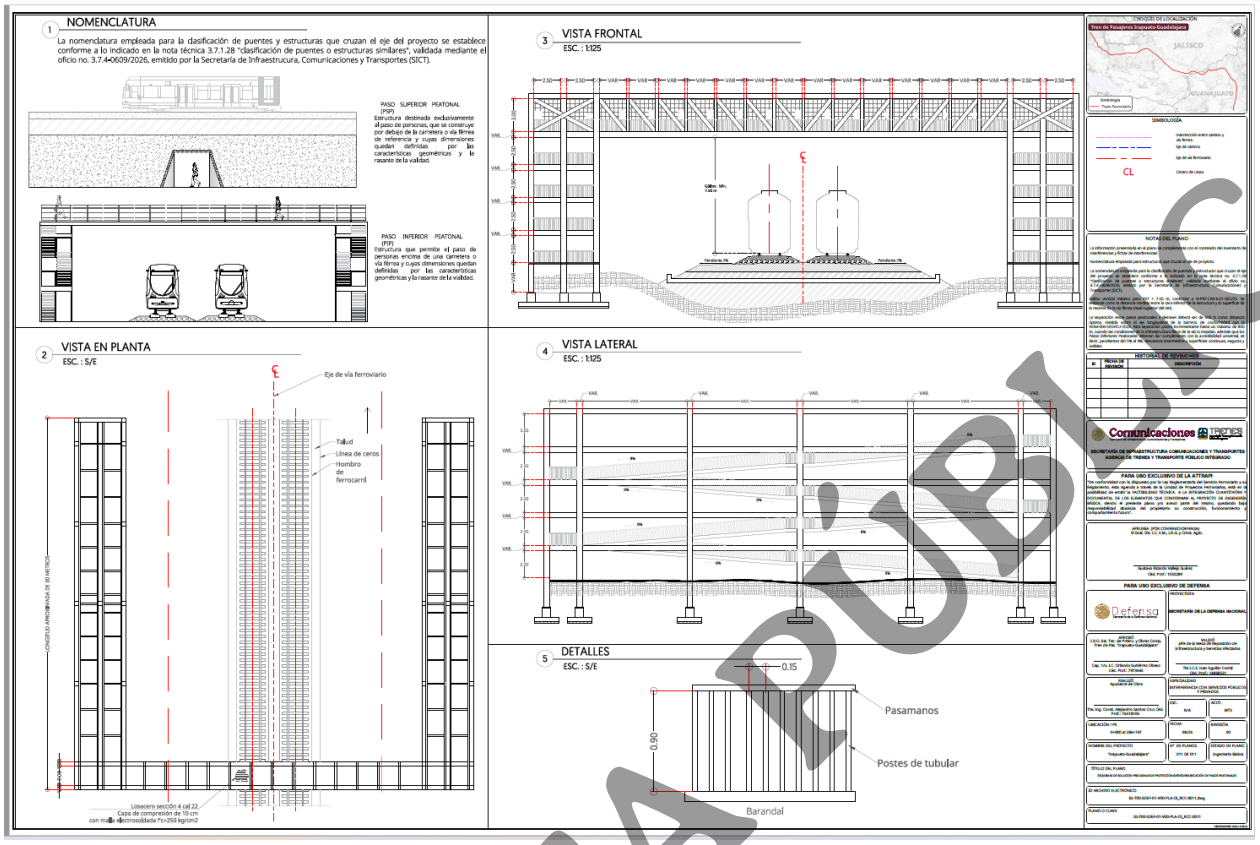


Figura I.13. Esquemas de solución preliminar de protección/desvío/reubicación de pasos peatonales. Elaboración propia.

Se cuenta con un inventario de 119 pasos propuestos a lo largo del trazo del proyecto: 96 corresponden a pasos superiores e inferiores de tipo ferroviario y ganadero, y 23 a pasos inferiores peatonales. De los pasos ferroviarios y ganaderos, 49 son pasos superiores ferroviarios, 20 son pasos inferiores ferroviarios, 15 son pasos superiores ganaderos y 12 son pasos inferiores ganaderos. La totalidad de estos pasos corresponde a obra nueva propuesta. El cadenamiento de cada uno se presenta en las tablas siguientes; la coordenada Y, la elevación del terreno natural y las rasantes mínima y de proyecto ya se encuentran definidas para los pasos de tipo ganadero, y se encuentran en proceso de definición para los pasos de tipo ferroviario y para la mayor parte de los pasos peatonales.

Tabla I.18. Inventario de pasos superiores e inferiores ferroviarios y ganaderos propuestos.

No.	Tipo de paso	Cadenamiento (Pk)
1	Paso Superior Ganadero	9+577.00
2	Paso Superior Ganadero	11+598.000
3	Paso Superior Ganadero	14+986.000
4	Paso Superior Ferroviario	15+914.000
5	Paso Superior Ferroviario	17+212.000
6	Paso Superior Ganadero	22+150.000
7	Paso Superior Ferroviario	24+160.000

CONSULTA PÚBLICA



No.	Tipo de paso	Cadenamiento (Pk)
8	Paso Superior Ferroviario	26+240.000
9	Paso Superior Ferroviario	29+450.000
10	Paso Superior Ferroviario	35+350.000
11	Paso Inferior Ferroviario	46+865.000
12	Paso Superior Ferroviario	51+587.000
13	Paso Superior Ferroviario	53+822.000
14	Paso Superior Ferroviario	54+850.000
15	Paso Superior Ferroviario	55+736.000
16	Paso Superior Ferroviario	56+490.000
17	Paso Superior Ferroviario	58+748.000
18	Paso Superior Ferroviario	66+096.000
19	Paso Superior Ferroviario	67+360.000
20	Paso Superior Ferroviario	68+453.000
21	Paso Inferior Ganadero	69+129.000
22	Paso Superior Ferroviario	72+086.000
23	Paso Inferior Ferroviario	73+444.000
24	Paso Superior Ganadero	75+950.000
25	Paso Inferior Ganadero	76+830.000
26	Paso Inferior Ferroviario	79+726.000
27	Paso Superior Ferroviario	81+433.000
28	Paso Inferior Ferroviario	83+640.000
29	Paso Inferior Ferroviario	83+850.000
30	Paso Inferior Ferroviario	85+220.000
31	Paso Inferior Ferroviario	85+610.000
32	Paso Superior Ferroviario	86+788.000
33	Paso Superior Ferroviario	87+688.000
34	Paso Superior Ferroviario	89+157.000
35	Paso Superior Ferroviario	90+321.000
36	Paso Superior Ferroviario	91+945.000
37	Paso Superior Ferroviario	92+523.000
38	Paso Superior Ganadero	93+785.000
39	Paso Superior Ganadero	95+333.000
40	Paso Superior Ganadero	98+472.000
41	Paso Inferior Ferroviario	101+973.000
42	Paso Inferior Ferroviario	104+328.000
43	Paso Superior Ferroviario	105+379.000
44	Paso Superior Ganadero	108+921.000
45	Paso Superior Ferroviario	110+635.000
46	Paso Inferior Ferroviario	112+127.000
47	Paso Superior Ferroviario	112+950.000
48	Paso Superior Ferroviario	113+770.000
49	Paso Superior Ganadero	120+441.000
50	Paso Superior Ganadero	120+820.000
51	Paso Superior Ganadero	122+195.000
52	Paso Superior Ferroviario	123+786.000
53	Paso Superior Ferroviario	124+600.000
54	Paso Superior Ganadero	126+431.000
55	Paso Inferior Ganadero	128+635.000
56	Paso Superior Ferroviario	133572
57	Paso Superior Ferroviario	135+037.000
58	Paso Inferior Ganadero	137+026.00
59	Paso Inferior Ganadero	139+175.00
60	Paso Inferior Ganadero	142+938.00
61	Paso Inferior Ganadero	144+828.00
62	Paso Superior Ganadero	148+634.00
63	Paso Inferior Ganadero	153+301.00
64	Paso Superior Ferroviario	163+750.00
65	Paso Superior Ferroviario	164+694.00
66	Paso Inferior Ganadero	168+289.00
67	Paso Superior Ferroviario	170+414.00

CONSULTA PÚBLICA





No.	Tipo de paso	Cadenamiento (Pk)
68	Paso Superior Ferroviario	172+272.00
69	Paso Superior Ferroviario	174+887.00
70	Paso Superior Ferroviario	176+176.00
71	Paso Inferior Ganadero	177+730.00
72	Paso Inferior Ganadero	181+160.00
73	Paso Superior Ferroviario	182+933.00
74	Paso Superior Ferroviario	185+575.00
75	Paso Superior Ferroviario	186+265.00
76	Paso Inferior Ferroviario	189+367.00
77	Paso Superior Ferroviario	190+765.00
78	Paso Inferior Ferroviario	196+045.00
79	Paso Inferior Ferroviario	198+130.00
80	Paso Inferior Ferroviario	200+400.00
81	Paso Inferior Ferroviario	201+230.00
82	Paso Superior Ferroviario	203+874.00
83	Paso Inferior Ferroviario	206+965.00
84	Paso Inferior Ferroviario	213+070.00
85	Paso Inferior Ganadero	217+000.00
86	Paso Inferior Ferroviario	218+530.00
87	Paso Superior Ferroviario	220+065.00
88	Paso Superior Ferroviario	220+260.00
89	Paso Superior Ferroviario	226+457.00
90	Paso Superior Ganadero	227+560.00
91	Paso Inferior Ferroviario	228+455.00
92	Paso Superior Ferroviario	228+780.00
93	Paso Inferior Ferroviario	230+000.00
94	Paso Superior Ferroviario	234+160.00
95	Paso Superior Ferroviario	244+110.00
96	Paso Superior Ferroviario	245+190.00

Tabla I.19. Inventario de pasos inferiores peatonales propuestos.

No.	Tipo de paso	Cadenamiento (Pk)
1	Paso Inferior Peatonal	23+750.00
2	Paso Inferior Peatonal	25+434.00
3	Paso Inferior Peatonal	26+720.00
4	Paso Inferior Peatonal	30+560.00
5	Paso Inferior Peatonal	45+410.00
6	Paso Inferior Peatonal	46+205.00
7	Paso Inferior Peatonal	47+390.00
8	Paso Inferior Peatonal	57+744.00
9	Paso Inferior Peatonal	59+500.00
10	Paso Inferior Peatonal	65+870.00
11	Paso Inferior Peatonal	66+612.00
12	Paso Inferior Peatonal	71+441.00
13	Paso Inferior Peatonal	72+610.00
14	Paso Inferior Peatonal	74+870.00
15	Paso Inferior Peatonal	77+430.00
16	Paso Inferior Peatonal	79+150.00
17	Paso Inferior Peatonal	80+188.00
18	Paso Inferior Peatonal	81+076.00
19	Paso Inferior Peatonal	88+510.00
20	Paso Inferior Peatonal	92+806.00
21	Paso Inferior Peatonal	101+400.00
22	Paso Inferior Peatonal	196+500.00
23	Paso Inferior Peatonal	212+600.00

CONSULTA PÚBLICA





I.6.8. Obras de Drenaje Transversal (ODT)

Las Obras de Drenaje Transversal (ODT) tienen por objeto permitir el paso controlado de los escurrimientos naturales y pluviales a través del cuerpo de la vía férrea, evitando la interrupción de los flujos hidrológicos existentes y protegiendo la estabilidad de la infraestructura ferroviaria frente a la erosión hídrica superficial. Estas obras se localizan en los puntos donde el trazo intercepta cauces, escurrimientos intermitentes o concentraciones naturales de agua, y pueden tipificarse como cajones, bóvedas de concreto prefabricado, baterías de tubos o secciones circulares, según lo defina el proyecto ejecutivo.

El sistema de drenaje tendrá como función captar, conducir y descargar, de manera controlada, el agua superficial y la que pudiera infiltrarse en la estructura de la vía. Su configuración buscará conservar la continuidad hidráulica de cauces, escurrimientos y depresiones naturales, evitar encharcamientos y limitar procesos de erosión, socavación o saturación que puedan afectar la estabilidad de los terraplenes, cortes y capas de apoyo de la plataforma ferroviaria.

El sistema estará integrado, según las condiciones de cada subtramo, por obras de drenaje transversal (ODT), puentes hidráulicos, cunetas, contracunetas, canales, bordillos, lavaderos, disipadores de energía, zampeados, subdrenes, geodrenes, capas drenantes y obras de protección. Estos elementos funcionarán de manera conjunta, desde la captación del agua hasta su restitución al terreno o al cauce receptor, evitando que la descarga se concentre en puntos susceptibles a la erosión o que el problema se traslade a predios colindantes.

El drenaje superficial longitudinal recogerá los escurrimientos generados en la plataforma, en los taludes y en las áreas adyacentes. Las cunetas conducirán el agua paralelamente a la vía; las contracunetas interceptarán los flujos provenientes de las partes altas antes de que alcancen los cortes; y los canales, bordillos y lavaderos permitirán conducir el agua hacia cruces o sitios de descarga acondicionados. Su disposición considerará la pendiente del terreno, la longitud del recorrido, la concentración del flujo y la susceptibilidad del suelo a la erosión.

Las obras de drenaje transversal permitirán el paso del agua por debajo de la infraestructura ferroviaria y evitarán que los terraplenes interrumpan los escurrimientos naturales o generen acumulaciones aguas arriba. Dependiendo de la magnitud del cauce, del gasto y de las condiciones del sitio, podrán resolverse mediante alcantarillas tubulares, cajones, bóvedas, puentes hidráulicos u otras estructuras compatibles. Su ubicación y configuración procurarán conservar, en la medida de lo posible, la dirección del flujo y la conexión entre los sectores situados a ambos lados de la vía.

Las dimensiones de las obras existentes podrán utilizarse como antecedente, pero no constituirán, por sí solas, criterio para definir las nuevas estructuras, ampliaciones o sustituciones. En cada cruce se considerarán la cuenca de aportación, las características del cauce, la topografía, el tipo de suelo, el régimen de escurrimiento, la presencia de sedimentos o materiales de arrastre y las condiciones hidráulicas tanto aguas arriba como aguas abajo.

El nivel de análisis será proporcional a la magnitud y la relevancia de cada obra. Para los cruces principales se estimará el gasto de diseño y se analizarán los niveles de agua, las

CONSULTA PÚBLICA





velocidades, el remanso, el borde libre, la capacidad de conducción, el transporte de sedimentos, el arrastre de materiales y los posibles procesos de socavación. En las descargas se podrán incorporar zampeados, revestimientos, disipadores de energía u otras protecciones cuando la velocidad del flujo pueda erosionar el terreno o desestabilizar el pie de los terraplenes.

El subdrenaje se utilizará en los sectores donde la infiltración, los niveles de agua subterránea o la humedad retenida puedan reducir la capacidad portante de las capas de apoyo o incrementar la presión de agua en cortes y terraplenes. Los subdrenes, geodrenes y capas drenantes interceptarán y conducirán esta agua hacia salidas controladas. Su incorporación dependerá de las condiciones geotécnicas e hidrogeológicas identificadas en cada subtramo y de la configuración definitiva de la plataforma.

La integración de los distintos elementos permitirá que el agua circule sin permanecer dentro de la estructura ferroviaria ni generar concentraciones innecesarias en el terreno. De esta manera, el drenaje contribuirá simultáneamente a la estabilidad de la vía y a la reducción de las alteraciones locales del patrón de escurrimiento, de la erosión de suelos, del arrastre de sedimentos y de la obstrucción de los cauces.

I.6.8.1. Especificación de las Obras de Drenaje Transversal (ODTs)

Las ODTs permiten que el agua cruce bajo la plataforma sin interrumpir la vía. Según el gasto, la altura del terraplén, la geometría del cauce, las cargas, la durabilidad y el mantenimiento, podrán emplearse alcantarillas tubulares de concreto, tubos de acero corrugado, tubos corrugados de polietileno de alta densidad cuando sean procedentes, cajones de concreto, marcos, bóvedas u otras soluciones aprobadas.

Para efectos de diseño, construcción y conservación, cada obra existente se clasificará en una de las siguientes condiciones:

- Conservación o rehabilitación, cuando su capacidad hidráulica y estructural sea suficiente y sólo requiera limpieza, reparación, restitución de juntas, protección o reconstrucción localizada.
- Ampliación cuando la obra sea compatible y deba prolongarse para cubrir la nueva sección de la plataforma.
- Sustitución cuando presente deterioro, incompatibilidad geométrica o capacidad insuficiente.
- Obra nueva cuando el eje intercepte un cauce o una trayectoria de escurrimiento sin una estructura adecuada.

Esta clasificación deberá sustentarse en la inspección, el levantamiento, el análisis hidráulico y la revisión estructural. No se reducirá la sección hidráulica de una obra existente ni se desplazará su descarga sin demostrar que la modificación no incrementará de forma adversa los niveles de agua, la erosión ni la afectación a los predios y la infraestructura.

El procedimiento general para una ODT comprenderá:

CONSULTA PÚBLICA





- Replanteo del eje, de las entradas y salidas, de los niveles de desplante y de los límites de excavación.
- Manejo temporal del escurrimiento mediante desvío, ataguía, bombeo o ejecución por etapas, según el régimen del cauce.
- Excavación y estabilización del fondo; retiro o sustitución de material inadecuado.
- Construcción de la plantilla, la cama y la losa de cimentación o de apoyo, según lo definido en el proyecto.
- Colocación de tubos o construcción del cajón, marco o bóveda, con control de alineamiento, pendiente, juntas, concreto, acero y curado.
- Construcción de cabezales, aleros, muros de encauzamiento y transiciones.
- Relleno lateral y superior, en capas aproximadamente simétricas, con compactación controlada y cobertura suficiente antes del paso de la maquinaria.
- Protección de entrada y salida mediante zampeado, dentellones, colchones, enrocamiento, gaviones o disipadores, conforme a las velocidades y potencial de socavación.
- Retiro del desvío temporal, restitución del cauce, limpieza y verificación del flujo.

Las alcantarillas de acero corrugado y las tubulares de concreto se construirán tomando como referencia las N-CTR-CAR-1-03-001/20 y N-CTR-CAR-1-03-002/20, respectivamente. Para tubos corrugados de polietileno de alta densidad, cuando la ingeniería justifique su uso bajo solicitaciones ferroviarias, se atenderá la N-CTR-CAR-1-03-014/09 y se verificará de manera específica la deformación, la cobertura y la rigidez del sistema suelo-tubo.

A continuación, se describen las secciones tipo propuestas para las Obras de Drenaje Transversal (ODT), conformadas por tuberías o cajones de concreto prefabricado, con aleros y guarnición colados en sitio en la entrada y salida de cada obra.

I.6.8.2. Sección de 1 (un) tubo

La sección consiste en un paso a base de una tubería de diámetro variable, conformada de dos partes: la mitad de la tubería será prefabricada y la otra mitad será colada en sitio; ambas partes se unirán mediante una junta hermética de mortero o material bituminoso. La sección tendrá una longitud variable, considerando la plataforma principal de pasajeros y el camino de servicio, con una pendiente a considerar hacia ambos lados. En la salida, en cada costado de la plataforma, la sección tendrá una terminación con un muro cabecero de concreto y aleros de concreto reforzados y colados en sitio, terminando en guarnición; la resistencia del concreto será determinada por estructuristas. Los aleros y el muro cabecero tendrán dimensiones variables dependiendo de las condiciones de ubicación de cada ODT.

CONSULTA PÚBLICA



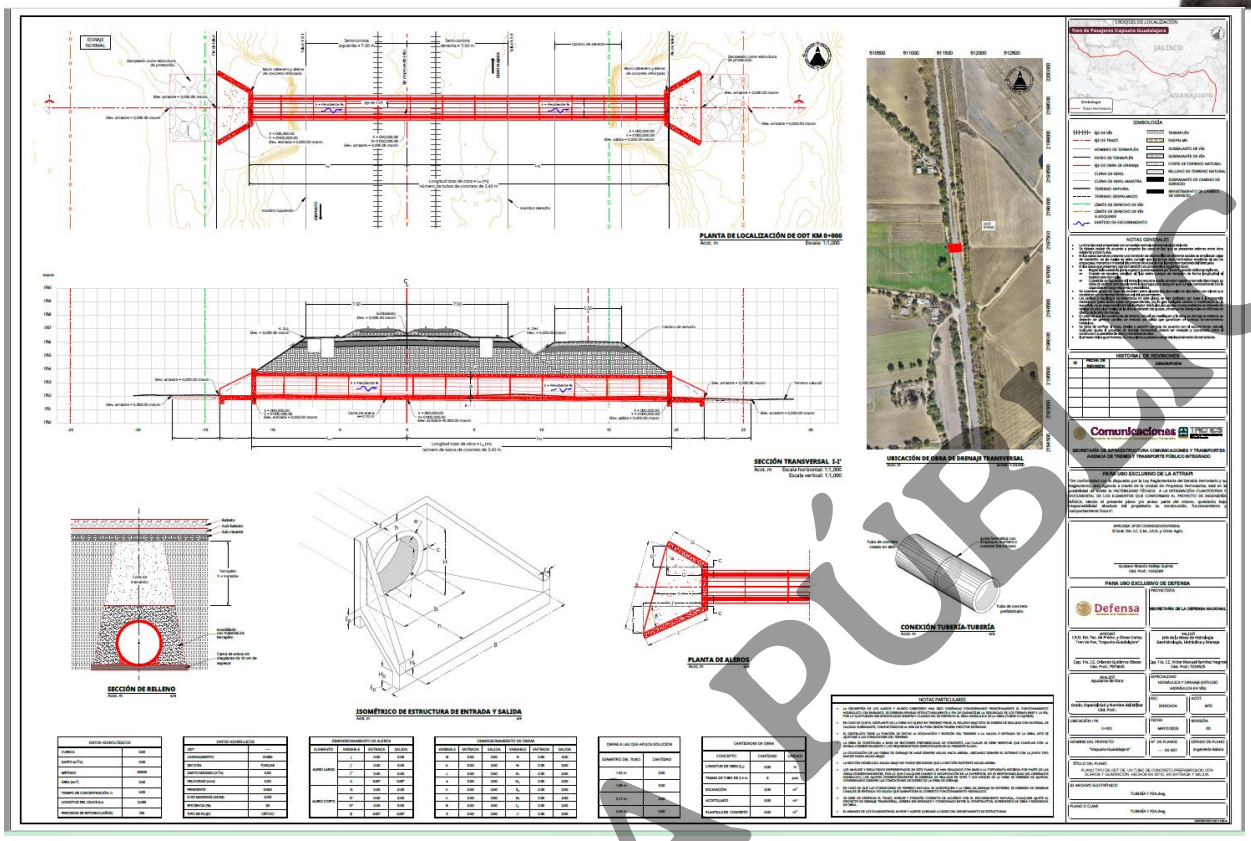


Figura I.14. Plano tipo de ODT de un tubo de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia.

I.6.8.3. Sección de 2 (dos) tubos

La sección consiste en un paso a base de dos tuberías de diámetro variable, conformada cada una de dos partes: la mitad de la tubería será prefabricada y la otra parte es una sección tipo cajón, unidas mediante una caja de transición y una junta hermética de mortero o material bituminoso. La sección tendrá una longitud variable considerando la plataforma principal de pasajeros y el camino de servicio, con una pendiente a considerar hacia ambos lados. En la salida, en cada costado de la plataforma, la sección tendrá una terminación con un muro cabecero de concreto y aleros de concreto reforzados y colados en sitio, terminando en guarnición; la resistencia del concreto será determinada por estructuristas. Los aleros y el muro cabecero tendrán dimensiones variables dependiendo de las condiciones de ubicación de cada ODT.

CONSULTA PÚBLICA

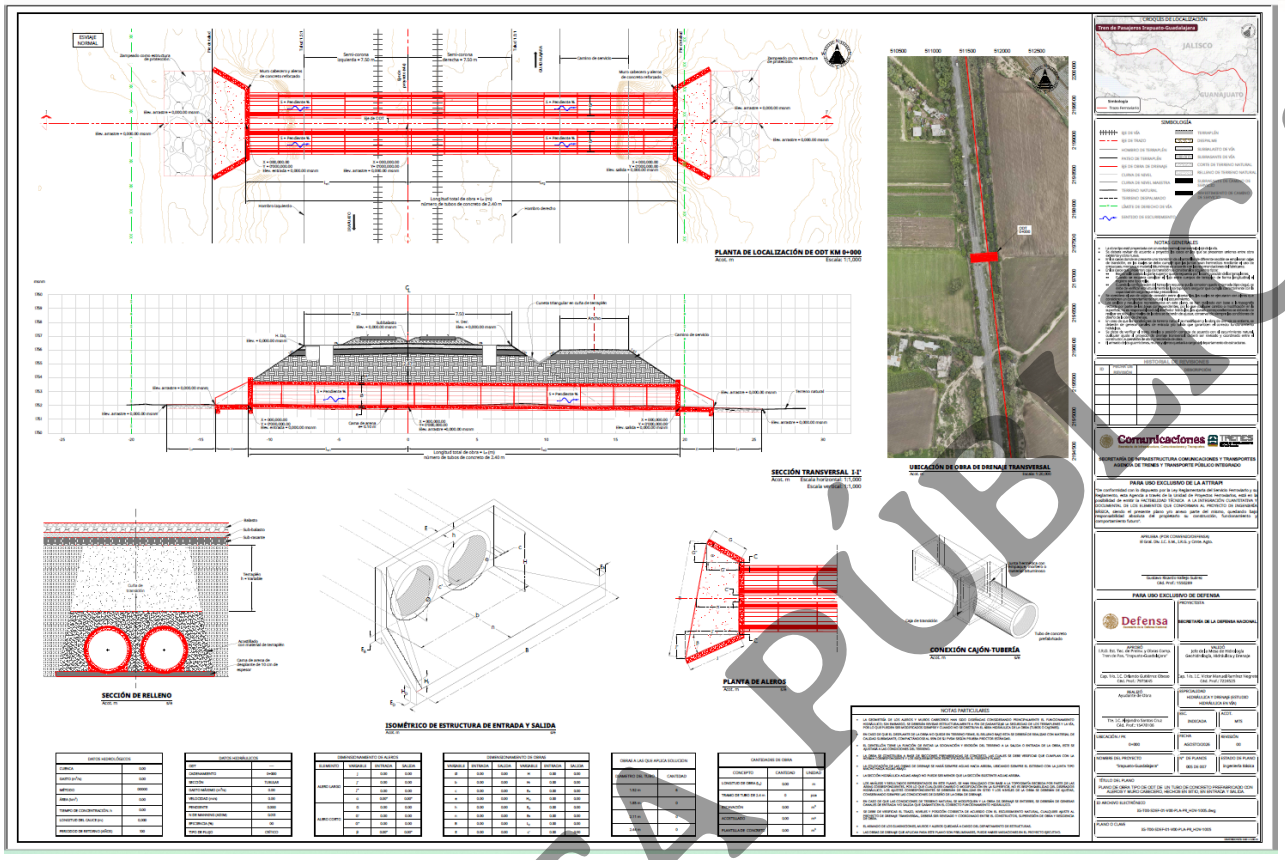


Figura I.15. Plano tipo de ODT de dos tubos de concreto prefabricado con aleros, muro cabecero y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia.

I.6.8.4. Sección de 1 (un) cajón

La sección consiste en un paso a base de un cajón de concreto prefabricado, conformado de dos partes, unidas mediante una junta hermética de mortero o material bituminoso. La sección tendrá una longitud igual al ancho de plataforma y sus dimensiones serán definidas a partir de su ubicación y su propuesta, con una pendiente a considerar hacia ambos lados. En la salida, en cada costado de la plataforma, la sección tendrá una terminación con un muro cabecero de concreto y aleros de concreto reforzados y colados en sitio, terminando en guarnición; la resistencia del concreto será determinada por estructuristas. Los aleros y el muro cabecero tendrán dimensiones variables dependiendo de las condiciones de ubicación de cada ODT.

CONSULTA PÚBLICA

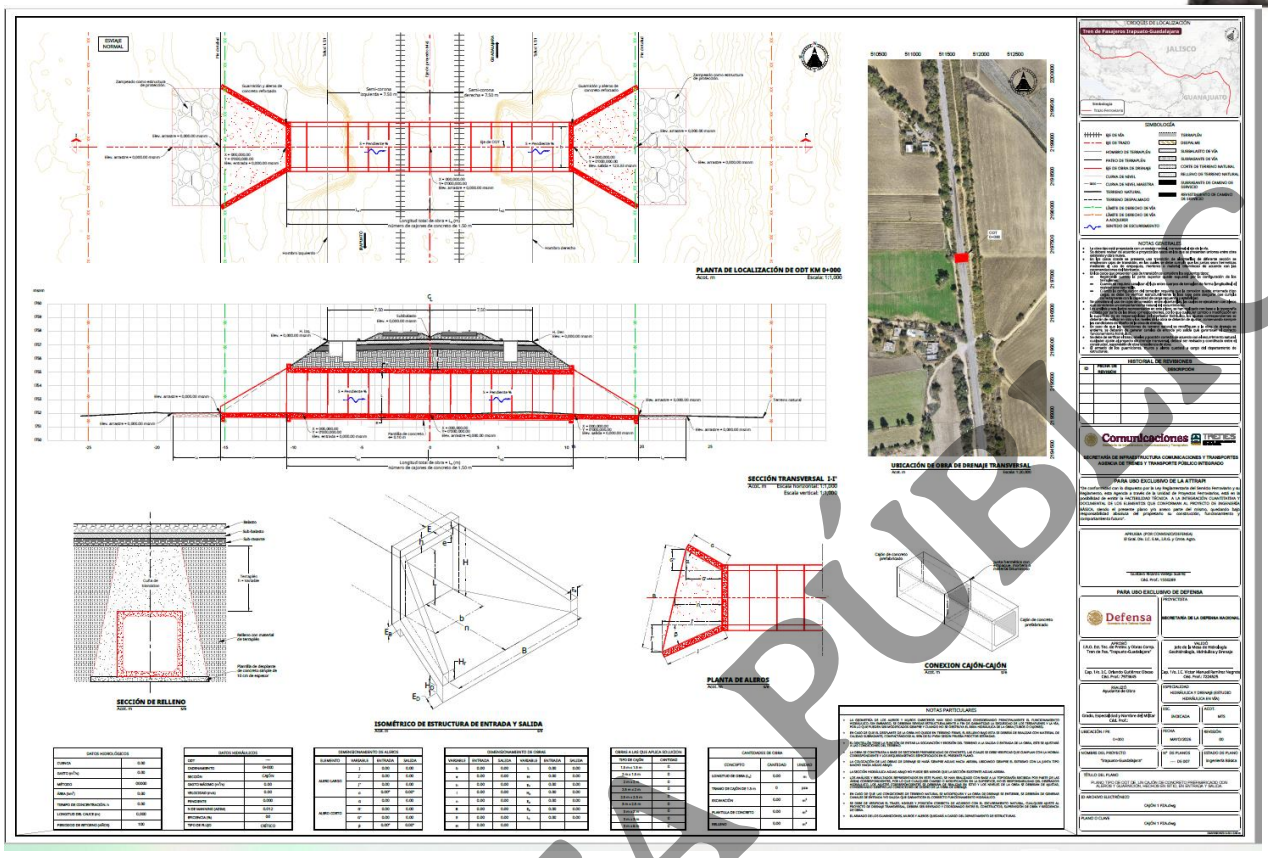


Figura I.16. Plano tipo de ODT de un cajón de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia.

I.6.8.5. Sección de 2 (dos) cajones

La sección consiste en un paso a base de dos cajones de concreto prefabricado de dimensiones variables, conformado cada uno de dos partes: la mitad de la sección es un cajón común prefabricado y la otra mitad es una sección en bóveda, igualmente prefabricada, unidas mediante una caja de transición y una junta hermética de mortero o material bituminoso. La sección tendrá una longitud variable considerando la plataforma principal de pasajeros, con una pendiente a considerar hacia ambos lados. En la salida, en cada costado de la plataforma, la sección tendrá una terminación con un muro cabecero de concreto y aleros de concreto reforzados y colados en sitio, terminando en guarnición; la resistencia del concreto será determinada por estructuristas. Los aleros y el muro cabecero tendrán dimensiones variables dependiendo de las condiciones de ubicación de cada ODT.

CONSULTA PÚBLICA

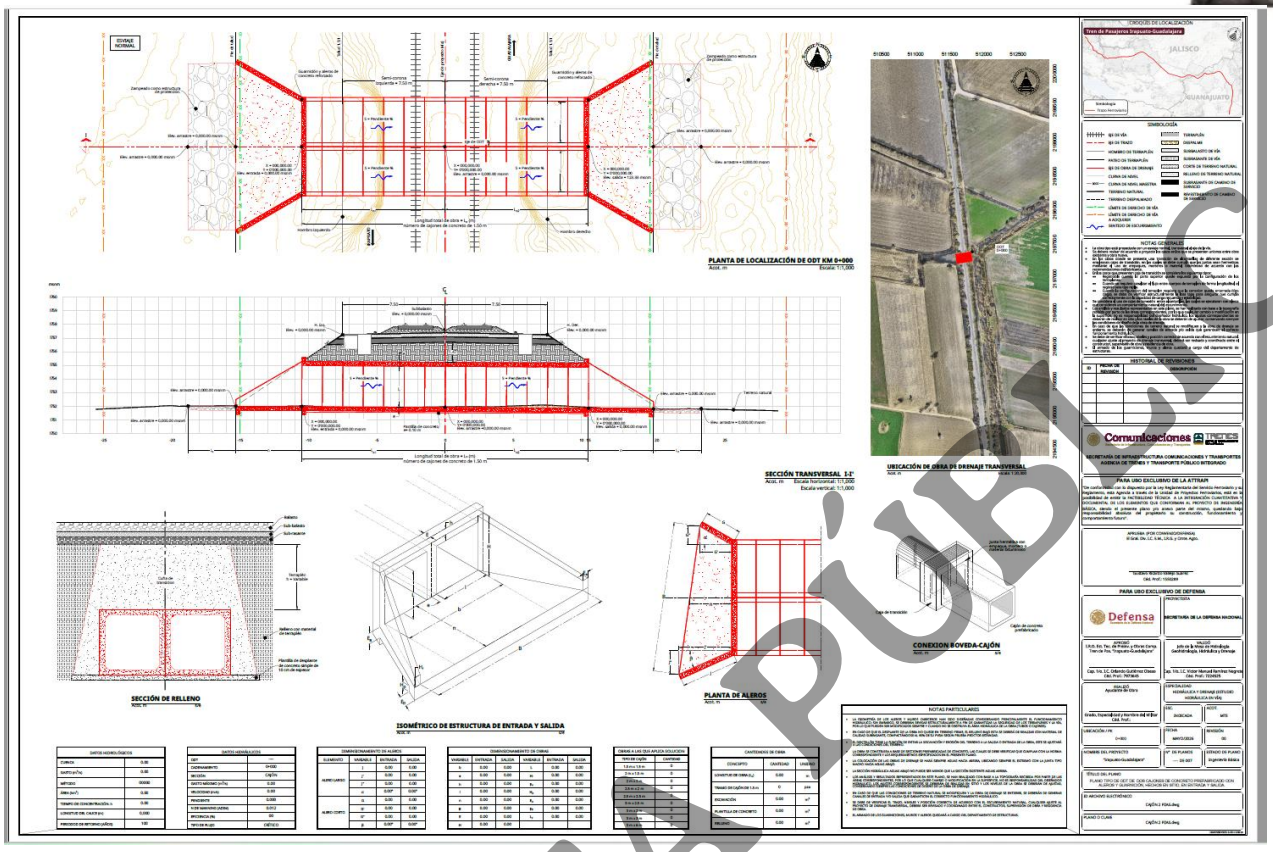


Figura I.17. Plano tipo de ODT de dos cajones de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia.

I.6.8.6. Sección de 3 (tres) cajones

La sección consiste en un paso a base de tres cajones de concreto prefabricado, cada uno conformado de dos partes, siendo una de ellas prefabricada y la otra colada en sitio, unidas mediante una junta hermética de mortero o material bituminoso. La sección tendrá una longitud igual al ancho de plataforma y sus dimensiones serán definidas a partir de su ubicación y su propuesta, con una pendiente a considerar hacia ambos lados. En la salida, en cada costado de la plataforma, la sección tendrá una terminación con un muro cabecero de concreto y aleros de concreto reforzados y colados en sitio, terminando en guarnición; la resistencia del concreto será determinada por estructuristas. Los aleros y el muro cabecero tendrán dimensiones variables dependiendo de las condiciones de ubicación de cada ODT.

CONSULTA PÚBLICA

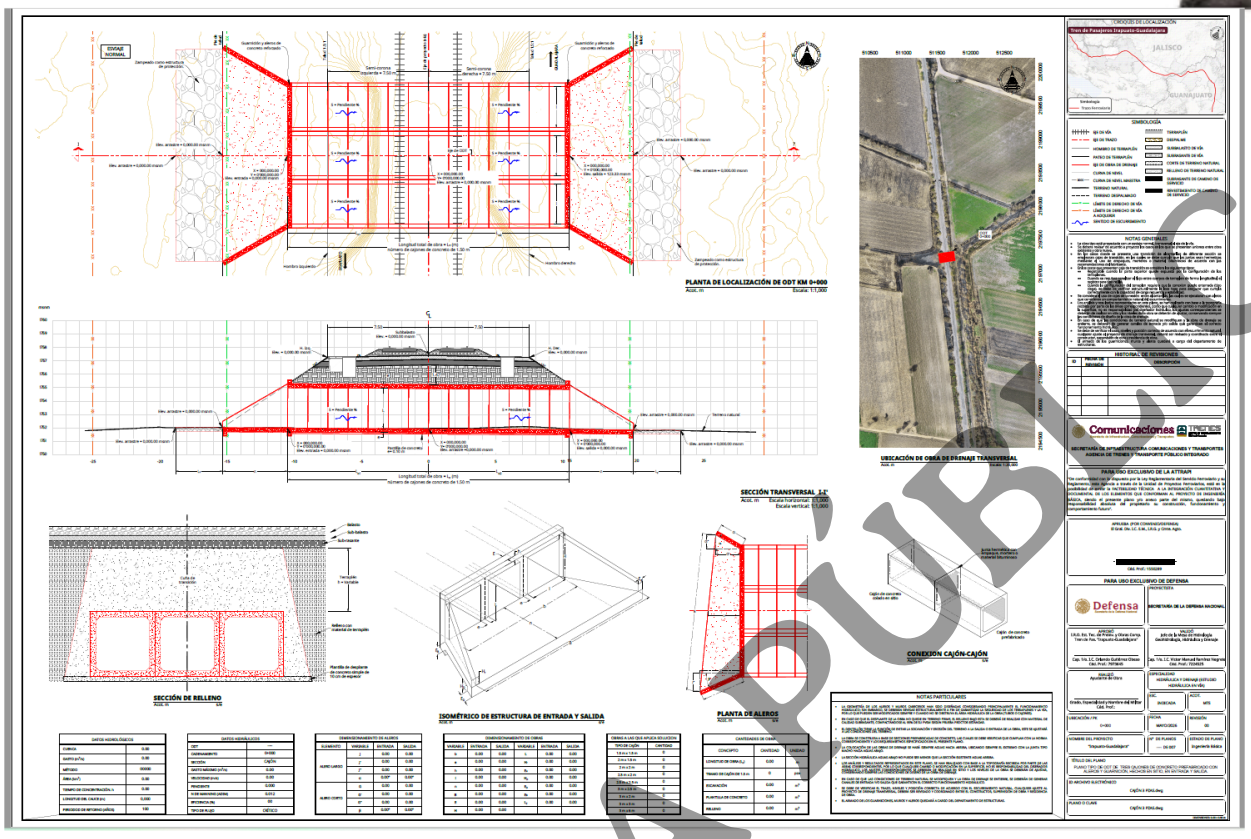


Figura I.18. Plano tipo de ODT de tres cajones de concreto prefabricado con aleros y guarnición, hechos en sitio, en entrada y salida. Elaboración propia.

I.6.8.7. Ubicación de las Obras de Drenaje Transversal (ODT)

Se han identificado 371 obras a lo largo del tramo, de las cuales 289 corresponden a Obras de Drenaje Transversal (tuberías o cajones de concreto prefabricado) y 82 corresponden a puentes. De las ODT, 274 cuentan con una tipología constructiva específica definida (diámetro de tubería o dimensiones de cada cajón), mientras que 15 se encuentran en proceso de definición de su tipología conforme avance la ingeniería de detalle. La distribución por tipología y zona UTM de origen se presenta en la tabla siguiente.

Tabla I.20. Obras de Drenaje Transversal (ODT) y puentes identificados, por tipología y zona UTM de origen. Elaboración propia.

Tipología	Zona UTM de origen	Número de obras
1 tubo(s) Ø 1.52 m	14N	68
1 tubo(s) Ø 1.52 m	13N	58
Puente	13N	57
Puente	14N	25
2 cajones de 1.5 x 1.5 m	13N	16
ODT con tipología por definir	13N	14
2 cajones de 2.0 x 1.5 m	13N	13
3 cajones de 3.0 x 3.0 m	13N	12
1 cajón de 1.5 x 1.5 m	13N	10
1 cajón de 2.0 x 1.5 m	13N	10

CONSULTA PÚBLICA



Tipología	Zona UTM de origen	Número de obras
2 cajones de 1.5 x 1.5 m	14N	9
3 cajones de 2.0 x 1.5 m	14N	9
1 cajón de 2.0 x 1.5 m	14N	8
2 cajones de 2.0 x 1.5 m	14N	8
2 cajones de 2.0 x 2.0 m	13N	7
3 cajones de 2.0 x 1.5 m	13N	7
1 cajón de 1.5 x 1.5 m	14N	6
1 cajón de 3.0 x 3.0 m	14N	5
2 tubo(s) O 1.52 m	13N	5
3 cajones de 3.0 x 2.0 m	13N	4
2 cajones de 3.0 x 3.0 m	14N	3
3 cajones de 3.0 x 3.0 m	14N	3
3 cajones de 1.5 x 1.5 m	13N	2
3 cajones de 1.5 x 1.5 m	14N	2
3 cajones de 2.0 x 2.0 m	13N	2
1 cajón de 2.0 x 2.0 m	14N	1
2 cajones de 2.0 x 2.0 m	14N	1
2 cajones de 3.0 x 2.0 m	13N	1
2 cajones de 3.0 x 3.0 m	13N	1
2 tubo(s) O 1.52 m	14N	1
3 cajones de 2.0 x 2.0 m	14N	1
3 cajones de 3.0 x 1.5 m	14N	1
ODT con tipología por definir	14N	1
Total	13N y 14N	371

Tabla I.21. Listado de ubicación y propuesta de dimensiones de Obras de Drenaje Transversal (ODT). Elaboración propia.

ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-002-00	254002.196	2293334.94	14	004+923	3 cajones 2x1.5
IG-003-00	253666.102	2294103.73	14	005+763	1 tubo 1.52
IG-004-00	253596.057	2294263.96	14	005+938	1 Tubo 1.52
IG-005-00	253405.614	2294699.6	14	006+414	2 Cajones 1.5x1.5
IG-006-00	253244.652	2295123.05	14	006+868	3 Cajones 2x1.5
IG-008-CF	253212.192	2295263.71	14	007+012	Puente
IG-010-CF	253108.306	2296124.53	14	007+881	Puente
IG-011-00	253065.231	2296505.48	14	008+264	1 Cajón 2x1.5
IG-012-00	253061.773	2296536.07	14	008+295	1 Cajón 2x1.5
IG-012-0A	252988.786	2297181.39	14	008+945	1 Cajón 1.5x1.5
IG-013-00	252921.727	2297774.76	14	009+543	2 Cajones 1.5x1.5
IG-014-00	252904.318	2297928.75	14	009+698	2 Cajones 2x1.5
IG-015-00	252862.492	2298298.74	14	010+071	Puente
IG-016-00	252827.915	2298604.63	14	010+379	2 Cajones 2x1.5
IG-017-00	252824.534	2298634.54	14	010+409	2 Cajones 1.5x1.5
IG-018-00	252774.136	2299080.41	14	010+858	Puente
IG-019-00	252764.031	2299169.81	14	010+948	2 Cajones 1.5x1.5
IG-020-CF	252732.401	2299449.66	14	011+230	Puente
IG-021-00	252720.32	2299556.54	14	011+338	2 Cajones 2x1.5
IG-022-00	252687.531	2299846.67	14	011+630	3 Cajones 1.5x1.5
IG-023-00	252655.187	2300132.86	14	011+919	2 Cajones 1.5x1.5
IG-024-00	252651.368	2300166.65	14	011+953	3 Cajones 2x1.5
IG-025-00	252548.763	2301074.61	14	012+867	1 Tubo 1.52
IG-026-00	252532.947	2301214.57	14	013+008	1 Cajón 2x1.5
IG-027-00	252528.786	2301251.4	14	013+045	1 Cajón 2x1.5
IG-028-00	252521.162	2301318.87	14	013+113	2 Cajones 1.5x1.5
IG-029-00	252437.518	2302059.15	14	013+859	1 Tubo 1.52
IG-030-00	252367.532	2302678.62	14	014+483	1 Tubo 1.52
IG-031-CF	252272.155	2303224.02	14	015+039	1 Tubo 1.52
IG-032-00	252031.856	2303874.89	14	015+734	3 Cajones 3x1.5
IG-033-CF	251975.347	2304027.92	14	015+897	3 Cajones 2x1.5

CONSULTA PÚBLICA





ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-034-00	251756.757	2304619.91	14	016+529	1 Tubo 1.52
IG-035-00	251531.224	2305230.71	14	017+180	1 Tubo 1.52
IG-036-CF	251525.259	2305246.87	14	017+198	1 Cajón 1.5x1.5
IG-037-00	251295.821	2305868.27	14	017+861	1 Tubo 1.52
IG-038-00	251220.525	2306072.2	14	018+078	1 Tubo 1.52
IG-042-00	250440.894	2308108.57	14	020+261	1 Tubo 1.52
IG-043-00	250078.751	2309086.96	14	021+305	1 Tubo 1.52
IG-044-00	249314.647	2311151.46	14	023+509	2 Cajones 1.5x1.5
IG-045-00	249208.372	2311438.62	14	023+815	1 Tubo 1.52
IG-046-00	249133.785	2311640.57	14	024+031	1 Cajón 2x1.5
IG-046-0A	249051.027	2311864.7	14	024+270	1 Tubo 1.52
IG-046-0B	248651.755	2312946.05	14	025+424	1 Cajón 2x1.5
IG-047-00	248306.746	2313880.48	14	026+421	1 Tubo 1.52
IG-048-00	248224.164	2314104.16	14	026+659	1 Tubo 1.52
IG-049-00	248123.183	2314377.67	14	026+951	2 Cajones 2x1.5
IG-050-00	247557.936	2315908.73	14	028+585	1 Tubo 1.52
IG-050-0B	247247.426	2316738.4	14	029+472	3 Cajones 2x1.5
IG-050-0C	246848.73	2317858.73	14	030+663	2 Cajones 2x1.5
IG-053-00	244623.678	2320863.63	14	034+409	1 Cajón 2x1.5
IG-054-00	244352.079	2321222.51	14	034+859	2 Cajones 2x1.5
IG-055-00	243551.173	2322280.81	14	036+188	3 Cajones 3x3
IG-056-0C	241673.015	2324774.3	14	039+312	1 Tubo 1.52
IG-056-CF	239715.016	2325422.64	14	041+446	Puente
IG-057-CF	238728.393	2325587.927	14	042+448	Puente
IG-067-00	230753.602	2328811.48	14	051+243	3 Cajones 2x1.5
IG-068-CF	229895.681	2329362.6	14	052+264	Puente
IG-069-00	229289.046	2329748.04	14	052+983	3 Cajones 1.5x1.5
IG-070-00	229219.708	2329792.09	14	053+065	1 Cajón 2x1.5
IG-071-00	228969.266	2329951.22	14	053+362	2 Cajones 2x1.5
IG-072-CF	228810.43	2330052.21	14	053+550	Puente
IG-073-00	226933.063	2331251.31	14	055+779	1 Tubo 1.52
IG-073-0A	226357.975	2331618.65	14	056+462	1 Tubo 1.52
IG-075-00	224388.707	2332865.75	14	058+794	3 Cajones 3x3
IG-083-CF	218370.524	2335144.57	14	065+339	2 Cajones 3x3
IG-084-CF	218334.922	2335143.01	14	065+374	2 Cajones 3x3
IG-085-CF	216310.375	2333990.44	14	067+719	Puente
IG-086-00	216263.792	2333961.35	14	067+774	3 Cajones 2x1.5
IG-087-CF	215302.327	2333360.79	14	068+908	Puente
IG-088-CF	214841.535	2333055.65	14	069+461	Puente
IG-089-00	214719.936	2332956.79	14	069+618	1 Tubo 1.52
IG-090-00	214639.509	2332885.3	14	069+725	1 Tubo 1.52
IG-091-00	214537.181	2332786.86	14	069+867	1 Tubo 1.52
IG-092-00	214390.75	2332627.33	14	070+084	1 Tubo 1.52
IG-093-CF	214189.851	2332368.7	14	070+412	Puente
IG-096-CF	213962.921	2332062.52	14	070+793	Puente
IG-100-00	213656.074	2331648.52	14	071+309	1 Tubo 1.52
IG-101-00	213573.153	2331536.64	14	071+448	1 Tubo 1.52
IG-104-00	212987.973	2330747.09	14	072+431	1 Tubo 1.52
IG-106-00	211639.105	2329580.98	14	074+226	1 Tubo 1.52
IG-109-00	211033.374	2329142.99	14	074+974	2 Cajones 2x1.5
IG-110-00	210993.051	2329113.83	14	075+023	1 Tubo 1.52
IG-111-00	210904.205	2329049.59	14	075+133	1 Cajón 1.5x1.5
IG-112-00	210637.395	2328856.66	14	075+462	1 Cajón 1.5x1.5
IG-113-00	210418.632	2328698.47	14	075+732	1 Tubo 1.52
IG-114-00	210346.244	2328646.13	14	075+822	1 Tubo 1.52
IG-115-00	210302.391	2328614.42	14	075+876	1 Tubo 1.52
IG-116-00	210192.427	2328534.9	14	076+012	1 Tubo 1.52
IG-118-00	210025.706	2328414.35	14	076+218	1 Tubo 1.52
IG-119-00	209975.6	2328378.12	14	076+279	1 Cajón 1.5x1.5
IG-120-00	209786.287	2328241.22	14	076+513	1 Tubo 1.52

CONSULTA PÚBLICA





ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-121-00	209708.966	2328185.31	14	076+609	1 Tubo 1.52
IG-121-0A	209526.604	2328053.44	14	076+834	1 Tubo 1.52
IG-122-00	209438.434	2327989.71	14	076+942	1 Tubo 1.52
IG-123-00	209022.266	2327735.1	14	077+431	1 Tubo 1.52
IG-124-00	209007.688	2327726.57	14	077+448	1 Tubo 1.52
IG-125-00	208838.805	2327627.79	14	077+643	1 Tubo 1.52
IG-126-00	208822.654	2327618.34	14	077+662	1 Tubo 1.52
IG-127-00	208717.498	2327556.84	14	077+784	1 Tubo 1.52
IG-127-0A	208635.713	2327509	14	077+879	1 Tubo 1.52
IG-129-00	208324.454	2327326.94	14	078+239	1 Tubo 1.52
IG-129-0A	208193.064	2327250.09	14	078+392	1 Tubo 1.52
IG-130-00	208026.729	2327152.79	14	078+584	1 Cajón 2x2
IG-132-00	207679.874	2326949.91	14	078+986	1 Cajón 3x3
IG-133-00	207594.526	2326899.99	14	079+085	2 Cajones 3x3
IG-133-0A	207584.639	2326894.21	14	079+097	2 Cajones 2x2
IG-134-00	207495.3	2326841.68	14	079+200	1 Tubo 1.52
IG-135-00	207371.219	2326758.61	14	079+350	1 Cajón 3x3
IG-136-00	207220.523	2326625.4	14	079+551	1 Cajón 3x3
IG-138-00	206848.23	2326264.72	14	080+070	Puente
IG-138-0A	206700.434	2326135.37	14	080+266	1 Tubo 1.52
IG-139-CF	206667.16	2326110.44	14	080+308	Puente
IG-140-CF	206244.337	2325795.47	14	080+835	Puente
IG-141-00	206045.834	2325647.59	14	081+083	1 Cajón 3x3
IG-142-00	206018.687	2325627.37	14	081+117	1 Cajón 3x3
IG-142-0A	205600.064	2325315.52	14	081+639	1 Tubo 1.52
IG-145-CF	205004.658	2324871.63	14	082+382	Puente
IG-146-00	204725.509	2324664.01	14	082+730	1 Tubo 1.52
IG-152-00	201495.333	2324838.05	14	086+192	1 Tubo 1.52
IG-158-CF	200851.645	2324432.8	14	086+954	Puente
IG-163-00	200489.976	2324130.9	14	087+427	1 Tubo 1.52
IG-164-00	200452.441	2324083.78	14	087+487	1 Tubo 1.52
IG-165-00	200347.767	2323919.19	14	087+683	1 Tubo 1.52
IG-166-00	200167.291	2323111.38	14	088+516	1 Tubo 1.52
IG-167-00	200163.69	2323083.11	14	088+545	1 Tubo 1.52
IG-168-00	200130.833	2322825.13	14	088+805	1 Tubo 1.52
IG-169-00	200095.403	2322591.86	14	089+041	1 Tubo 1.52
IG-172-CF	199884.41	2321780.58	14	089+880	Puente
IG-173-CF	199708.91	2321137.54	14	090+546	Puente
IG-173-0A	199631.761	2320854.86	14	090+839	1 Tubo 1.52
IG-174-CF	199469.732	2320280.87	14	091+436	3 Cajones 3x3
IG-176-0A	198970.566	2319323.49	14	092+519	1 Tubo 1.52
IG-181-CF	197465.476	2316963.34	14	095+319	Puente
IG-182-00	197353.339	2316747.27	14	095+563	1 Tubo 1.52
IG-183-00	196947.378	2315889.35	14	096+512	3 Cajones 2x1.5
IG-184-CF	195829.935	2314273.72	14	098+487	Puente
IG-185-00	194804.931	2313675.28	14	099+681	1 Tubo 1.52
IG-186-00	194390.882	2313566.172	14	100+110	Por definir
IG-187-00	194029.342	2313520.78	14	100+475	2 Cajones 1.5x1.5
IG-188-00	192956.949	2313593.5	14	101+551	3 Cajones 2x1.5
IG-189-00	192800.129	2313611.12	14	101+709	1 Tubo 1.52
IG-190-00	192537.831	2313640.59	14	101+973	1 Tubo 1.52
IG-191-CF	192286.441	2313668.84	14	102+226	Puente
IG-192-00	192026.598	2313698.03	14	102+487	2 Tubos 1.52
IG-193-CF	190964.543	2313816.78	14	103+556	2 Cajones 1.5x1.5
IG-194-CF	190807.797	2313829.14	14	103+713	Puente
IG-195-CF	190433.755	2313834.4	14	104+087	3 Cajones 2x2
IG-196-00	190388.717	2313833.09	14	104+133	1 Tubo 1.52
IG-197-00	190267.825	2313826.46	14	104+254	1 Tubo 1.52
IG-198-00	190207.17	2313822.36	14	104+314	1 Tubo 1.52
IG-199-00	190164.734	2313819.43	14	104+357	1 Cajón 1.5x1.5

CONSULTA PÚBLICA





ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-200-00	189055.438	2313772.25	14	105+467	1 Tubo 1.52
IG-201-CF	811724.477	2313691.27	13	107+012	Puente
IG-202-CF	810267.704	2313573.64	13	108+474	Puente
IG-203-CF	809750.949	2313513.07	13	108+994	Puente
IG-204-CF	809209.307	2313436.17	13	109+541	3 Cajones 3x3
IG-205-00	808630.307	2313353.96	13	110+126	1 Tubo 1.52
IG-206-CF	808206.99	2313293.86	13	110+554	Puente
IG-207-CF	807873.784	2313246.55	13	110+890	3 Cajones 3x2
IG-208-00	806904.324	2313023.44	13	111+887	1 Tubo 1.52
IG-209-CF	806549.958	2312867.37	13	112+275	Puente
IG-210-CF	805027.94	2311420.14	13	114+401	Puente
IG-211-CF	804962.03	2311327.91	13	114+514	Puente
IG-212-CF	804899.282	2311241.18	13	114+621	1 Cajon 2x1.5
IG-213-CF	804713.095	2310981.72	13	114+941	3 Cajones 3x2
IG-214-CF	804238.144	2310322.46	13	115+753	Puente
IG-215-CF	803854.714	2309788.615	13	116+411	Por definir
IG-216-CF	803649.867	2309503.390	13	116+762	Por definir
IG-217-00	803587.716	2309416.95	13	116+868	1 Tubo 1.52
IG-218-00	803362.766	2309061.78	13	117+289	1 Cajón 2x1.5
IG-219-00	803232.978	2308835.3	13	117+550	1 Cajón 2x1.5
IG-220-00	803147.611	2308686.28	13	117+722	1 Tubo 1.52
IG-221-00	803048.966	2308514.07	13	117+920	1 Cajón 2x1.5
IG-222-CF	802922.798	2308293.25	13	118+174	Puente
IG-223-CF	802782.255	2308049.25	13	118+456	Puente
IG-224-CF	802215.982	2307277.34	13	119+417	Puente
IG-225-CF	801953.518	2307046.546	13	119+766	Por definir
IG-226-CF	801719.385	2306879.74	13	120+054	Puente
IG-227-00	800527.815	2306120.24	13	121+467	3 Cajones 1.5x1.5
IG-228-CF	799721.138	2305604.74	13	122+424	3 Cajones 3x3
IG-229-CF	799046.939	2305175.901	13	123+223	Por definir
IG-230-00	797954.314	2304687.27	13	124+423	Puente
IG-231-CF	797251.347	2304518.02	13	125+146	3 Cajones 3x3
IG-232-CF	796646.474	2304395.34	13	125+763	3 Cajones 3x3
IG-233-00	795443.065	2304151.26	13	126+991	3 Cajones 2x1.5
–	793383.888	2303732.697	13	129+093	Por definir
IG-235-00	793084.562	2303672.17	13	129+398	1 Cajón 1.5x1.5
IG-236-00	792785.902	2303611.58	13	129+703	1 Tubo 1.52
IG-237-CF	792086.615	2303469.22	13	130+416	Puente
–	791788.766	2303408.695	13	130+720	Por definir
IG-239-00	791447.342	2303339.46	13	131+069	1 Cajón 1.5x1.5
IG-240-CF	791285.69	2303308.07	13	131+233	Puente
IG-241-CF	790941.657	2303238.29	13	131+584	Puente
IG-242-CF	790248.275	2303096.06	13	132+292	Puente
IG-243-00	788974.052	2302837.48	13	133+592	Puente
–	788595.723	2302760.776	13	133+978	Por definir
IG-245-CF	787425.669	2302523.24	13	135+172	Puente
IG-246-CF	786937.661	2302426.21	13	135+670	1 Tubo 1.52
–	786867.281	2302411.932	13	135+742	Por definir
–	786778.060	2302393.837	13	135+833	Por definir
IG-249-CF	786569.37	2302351.51	13	136+046	Puente
IG-250-CF	785859.654	2302207.57	13	136+770	Puente
IG-251-00	785605.638	2302156.05	13	137+029	1 Cajón 2x1.5
IG-252-00	785571.251	2302147.59	13	137+064	Puente
IG-253-00	785448.88	2302124.36	13	137+189	1 Tubo 1.52
IG-254-00	785291.146	2302092.26	13	137+350	1 Tubo 1.52
IG-255-CF	785164.704	2302065.21	13	137+479	1 Cajon 1.5x1.5
IG-256-CF	785100.528	2302052.21	13	137+545	Puente
IG-257-CF	784891.709	2302009.91	13	137+758	1 Tubo 1.52
IG-258-CF	784541.031	2301938.87	13	138+116	Puente
IG-259-00	783900.645	2301809.16	13	138+769	1 Tubo 1.52

CONSULTA PÚBLICA





ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-260-00	783818.994	2301793.68	13	138+852	Puente
IG-261-00	783786.964	2301787.19	13	138+885	1 Tubo 1.52
IG-262-CF	783700.866	2301769.72	13	138+973	Puente
IG-263-00	783509.694	2301730.93	13	139+168	1 Tubo 1.52
IG-264-00	783360.033	2301701.59	13	139+320	1 Tubo 1.52
IG-265-00	783243.636	2301676.11	13	139+439	1 Tubo 1.52
IG-266-CF	782183.764	2301461.55	13	140+521	Puente
IG-267-00	781996.251	2301424	13	140+712	1 Tubo 1.52
IG-268-00	781767.849	2301377.67	13	140+945	1 Tubo 1.52
IG-269-00	781435.757	2301314.59	13	141+283	1 Tubo 1.52
IG-270-00	781117.325	2301269.49	13	141+605	1 Tubo 1.52
IG-271-00	780643.002	2301234.98	13	142+080	1 Tubo 1.52
IG-272-00	779863.751	2301258.72	13	142+861	1 Tubo 1.52
IG-273-00	779433.924	2301316.66	13	143+295	2 Cajones 2x2
IG-274-CF	778997.736	2301404.57	13	143+740	Puente
IG-275-CF	778526.004	2301516.35	13	144+224	Puente
IG-276-00	778433.024	2301535.37	13	144+319	1 Tubo 1.52
IG-277-CF	778016.448	2301630.92	13	144+747	Puente
IG-278-00	777755.615	2301690.76	13	145+014	1 Tubo 1.52
IG-279-00	777566.687	2301734.1	13	145+208	Puente
IG-280-00	777151.344	2301829.37	13	145+634	1 Tubo 1.52
IG-281-00	777129.375	2301834.41	13	145+657	1 Tubo 1.52
IG-282-CF	776265.56	2302032.56	13	146+543	Puente
IG-283-00	775449.457	2302219.49	13	147+380	1 Tubo 1.52
IG-284-CF	775391.322	2302233.11	13	147+440	3 Cajones 3x3
IG-285-00	775204.916	2302275.87	13	147+631	1 Tubo 1.52
IG-286-00	774856.763	2302355.73	13	147+988	1 Tubo 1.52
IG-287-00	774011.021	2302549.54	13	148+856	1 Tubo 1.52
IG-288-00	773995.316	2302553.34	13	148+872	1 Tubo 1.52
IG-289-CF	773442.217	2302680.21	13	149+440	Puente
IG-290-00	772495.422	2302897.4	13	150+411	Puente
IG-291-00	771947.269	2303023.14	13	150+973	1 Tubo 1.52
IG-292-00	771918.726	2303029.69	13	151+003	Puente
IG-293-CF	771500.057	2303125.73	13	151+432	Puente
IG-294-00	771375.255	2303154.35	13	151+560	1 Tubo 1.52
IG-295-00	770991.736	2303242.330	13	151+954	Por definir
IG-296-00	767810.495	2303972.08	13	155+218	1 Tubo 1.52
IG-297-00	765714.193	2304484.86	13	157+376	1 Tubo 1.52
IG-298-00	765608.057	2304517.88	13	157+488	1 Tubo 1.52
IG-299-CF	764417.093	2304883.49	13	158+733	Puente
IG-300-00	764311.806	2304915.85	13	158+843	1 Tubo 1.52
IG-301-00	763999.497	2305011.83	13	159+170	3 Cajones 3x3
IG-302-CF	763847.014	2305058.69	13	159+330	Puente
IG-303-00	761362.476	2305822.25	13	161+929	1 Tubo 1.52
IG-304-00	761274.153	2305849.39	13	162+021	2 Cajones 2x1.5
IG-305-00	760279.976	2306154.93	13	163+061	1 Tubo 1.52
IG-306-00	759806.41	2306300.47	13	163+557	1 Tubo 1.52
IG-307-00	759603.653	2306362.78	13	163+769	Puente
IG-308-00	759513.403	2306390.52	13	163+863	2 Cajones 2x2
IG-309-00	759259.864	2306468.43	13	164+129	Puente
IG-310-00	758212.7	2306790.25	13	165+224	2 Tubos 1.52
IG-311-00	755550.869	2307608.3	13	168+009	1 Tubo 1.52
IG-312-CF	753949.436	2308100.46	13	169+684	Puente
IG-313-00	752718.392	2308458.61	13	170+967	1 Tubo 1.52
IG-314-00	752147.487	2308544.74	13	171+544	Puente
IG-315-00	751589.068	2308618.4	13	172+108	1 Tubo 1.52
IG-316-00	751437.323	2308638.4	13	172+261	1 Tubo 1.52
IG-317-00	751234.058	2308665.19	13	172+466	2 Cajones 2x2
IG-318-00	750973.937	2308699.47	13	172+728	1 Tubo 1.52
IG-319-00	749098.87	2308946.59	13	174+619	2 Cajones 2x1.5

CONSULTA PÚBLICA





ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-320-CF	748652.305	2309001.34	13	175+069	3 Cajones 3x2
IG-321-00	747533.651	2309063.39	13	176+190	3 Cajones 3x3
IG-322-CF	745618.563	2309162.46	13	178+107	3 Cajones 2x2
IG-323-00	745282.068	2309184.01	13	178+445	2 Cajones 2x2
IG-324-00	745047.897	2309210.49	13	178+680	2 Cajones 2x2
IG-325-CF	744323.639	2309363.68	13	179+421	Puente
IG-326-CF	744141.062	2309413.63	13	179+610	3 Cajones 3x3
IG-327-00	743996.758	2309453.11	13	179+760	Puente
IG-328-00	743815.921	2309502.59	13	179+948	1 Tubo 1.52
IG-329-CF	743566.527	2309570.82	13	180+206	Puente
IG-330-00	743017.082	2309721.14	13	180+776	1 Tubo 1.52
IG-331-00	742837.169	2309770.36	13	180+962	Puente
IG-332-CF	742459.29	2309873.74	13	181+354	Puente
IG-333-CF	740167.803	2310438.77	13	183+717	Puente
IG-334-CF	739505.516	2310474.32	13	184+380	3 Cajones 3x2
IG-335-CF	739230.562	2310477.16	13	184+655	2 Cajones 2x1.5
IG-336-00	738810.02	2310481.51	13	185+076	1 Cajón 2x1.5
IG-337-00	738641.937	2310483.25	13	185+244	1 Tubo 1.52
IG-338-CF	738278.702	2310487	13	185+607	2 Cajones 1.5x1.5
IG-339-00	737495.974	2310495.09	13	186+390	1 Cajón 2x1.5
IG-340-00	737213.705	2310498.01	13	186+672	1 Cajón 1.5x1.5
IG-341-00	736432.007	2310498.013	13	187+454	Por definir
IG-342-00	735172.596	2310133.58	13	188+776	2 Cajones 1.5x1.5
IG-343-00	733742.679	2309258.36	13	190+452	2 Cajones 1.5x1.5
IG-344-00	732963.463	2308622.21	13	191+461	2 Tubos 1.52
IG-345-00	732651.646	2308333.61	13	191+886	1 Tubo 1.52
IG-346-00	732379.581	2308081.79	13	192+256	2 Cajones 1.5x1.5
IG-347-00	731896.869	2307635.01	13	192+914	1 Cajón 1.5x1.5
IG-348-00	731624.186	2307382.62	13	193+286	1 Cajón 1.5x1.5
IG-349-00	730235.693	2305920.93	13	195+310	2 Cajones 1.5x1.5
IG-350-00	730136.962	2305736.96	13	195+518	2 Cajones 1.5x1.5
IG-351-00	728498.186	2302830.78	13	198+882	2 Cajones 2x1.5
IG-352-00	727713.211	2301728.86	13	200+235	1 Cajón 1.5x1.5
IG-353-00	727624.421	2301606.48	13	200+386	1 Cajón 1.5x1.5
IG-354-00	727467.757	2301394.08	13	200+650	2 Cajones 2x1.5
IG-355-00	727256.338	2301099.37	13	201+012	3 Cajones 2x1.5
IG-356-00	727130.913	2300926.23	13	201+226	3 Cajones 2x1.5
IG-357-00	725546.808	2299105.93	13	203+656	1 Tubo 1.52
IG-358-00	724724.833	2298474.31	13	204+693	2 Cajones 1.5x1.5
IG-359-00	724139.859	2298024.81	13	205+431	2 Cajones 1.5x1.5
IG-360-00	723502.149	2297534.79	13	206+235	2 Cajones 2x1.5
IG-361-00	723201.723	2297303.94	13	206+614	2 Cajones 2x1.5
IG-362-00	722919.799	2297093.51	13	206+966	1 Cajón 1.5x1.5
IG-363-00	722744.914	2296964.38	13	207+183	1 Cajón 2x1.5
IG-364-00	722182.728	2296549.27	13	207+882	Puente
IG-365-00	721546.574	2296079.54	13	208+673	1 Tubo 1.52
IG-366-00	718944.67	2294338.55	13	211+815	1 Cajón 2x1.5
IG-367-00	717786.145	2293888.54	13	213+057	2 Tubos 1.52
IG-368-00	717203.501	2293660.02	13	213+683	2 Tubos 1.52
IG-369-00	716541.948	2293329.14	13	214+423	2 Cajones 2x1.5
IG-370-00	715681.948	2292886.72	13	215+390	1 Tubo 1.52
IG-371-CF	715416.369	2292750.09	13	215+689	Puente
IG-372-00	714386.545	2292220.3	13	216+847	2 Cajones 1.5x1.5
IG-373-CF	714121.672	2292084.04	13	217+145	2 Cajones 2x1.5
IG-374-00	713620.107	2291826.01	13	217+709	1 Cajón 2x1.5
IG-375-00	713383.505	2291704.29	13	217+975	1 Tubo 1.52
IG-376-00	713226.609	2291623.58	13	218+152	1 Tubo 1.52
IG-377-CF	713016.147	2291515.31	13	218+388	3 Cajones 3x3
IG-378-00	712400.6	2291198.64	13	219+080	Puente
IG-379-CF	712347.246	2291171.19	13	219+140	Puente

CONSULTA PÚBLICA





ID	Este X	Norte Y	Zona	Cadenamiento	Obra propuesta
IG-380-00	712017.513	2290988.18	13	219+518	Puente
IG-381-00	711361.264	2290482.71	13	220+348	Puente
IG-382-00	711114.422	2290227.23	13	220+703	1 Tubo 1.52
IG-383-00	710704.225	2289752.527	13	221+330	Por definir
IG-384-00	709733.806	2288724.244	13	222+747	Por definir
IG-385-00	709475.088	2288546.297	13	223+061	Puente
IG-386-00	708885.749	2288232	13	223+729	Puente
IG-387-00	707653.914	2287380.25	13	225+249	1 Tubo 1.52
IG-388-00	707515.561	2287096.79	13	225+565	2 Cajones 1.5x1.5
IG-389-00	707431.669	2286914.77	13	225+765	2 Cajones 1.5x1.5
IG-390-CF	707393.044	2286830.96	13	225+858	2 Cajones 2x1.5
IG-391-00	707236.319	2286491.14	13	226+232	2 Cajones 1.5x1.5
IG-392-00	706847.055	2285858.18	13	226+981	1 Tubo 1.52
IG-393-00	706588.23	2285672.8	13	227+301	1 Tubo 1.52
IG-394-00	706506.601	2285633.32	13	227+391	2 Cajones 1.5x1.5
IG-395-00	705789.118	2285446.33	13	228+134	2 Cajones 2x1.5
IG-396-00	705643.586	2285413.05	13	228+283	2 Cajones 2x1.5
IG-397-00	702340.596	2284247.273	13	231+927	Por definir
IG-398-00	702113.299	2284139.31	13	232+179	2 Cajones 1.5x1.5
IG-399-00	701479.655	2283686.59	13	232+958	2 Cajones 3x2
IG-400-00	701413.457	2283643	13	233+038	3 Cajones 2x1.5
IG-401-00	701316.636	2283584.71	13	233+151	3 Cajones 2x1.5
IG-402-CF	700577.382	2283159.66	13	234+003	3 Cajones 3x3
IG-403-CF	699743.564	2282680.27	13	234+965	3 Cajones 3x3
IG-404-00	699316.413	2282434.69	13	235+458	1 Tubo 1.52
IG-405-00	699202.568	2282369.24	13	235+589	3 Cajones 2x1.5
IG-406-00	698992.887	2282248.69	13	235+831	3 Cajones 2x1.5
IG-407-CF	696999.355	2280086.37	13	238+829	3 Cajones 3x3
IG-408-00	696753.674	2280003.64	13	239+089	2 Cajones 1.5x1.5
IG-409-00	696634.569	2279979.53	13	239+211	1 Tubo 1.52
IG-410-00	696231.795	2279943.83	13	239+615	2 Cajones 3x3
IG-411-CF	696181.35	2279940.54	13	239+666	Puente
IG-412-00	695120.541	2279939.94	13	240+729	2 Cajones 2x2
IG-413-00	694317.774	2279828.48	13	241+543	2 Cajones 1.5x1.5
IG-414-00	694110.83	2279782.06	13	241+755	3 Cajones 2x2
IG-415-00	694001.833	2279736.4	13	241+873	2 Cajones 2x2
IG-416-00	692736.341	2279154.43	13	243+302	1 Cajón 1.5x1.5
IG-417-00	692469.546	2279243.24	13	243+585	2 Tubos 1.52
IG-418-00	691349.916	2279739.76	13	244+810	3 Cajones 1.5x1.5
IG-419-00	691095.044	2279859.2	13	245+092	2 Cajones 2x1.5

I.6.9. Obras de Drenaje Longitudinal (ODL)

Las Obras de Drenaje Longitudinal (ODL) tienen por objeto captar y conducir, de manera controlada y paralela al eje de la vía, el agua superficial que escurre sobre la plataforma y los taludes, evitando su acumulación y la consecuente erosión o saturación del cuerpo de terracerías. Se dividen en dos tipos: cuneta y contracuneta.

I.6.9.1. Cuneta

El elemento cuneta se ubicará a pie de terraplén, con una separación máxima de 1.00 metro entre juntas. Será construida a base de concreto f'c = 250 kg/cm². La excavación se realizará con retroexcavadora o maquinaria disponible en obra, considerando las dimensiones

CONSULTA PÚBLICA



especificadas en planos, con una longitud mínima de 1.00 metro por tramo y un espesor de concreto de 0.10 metros.

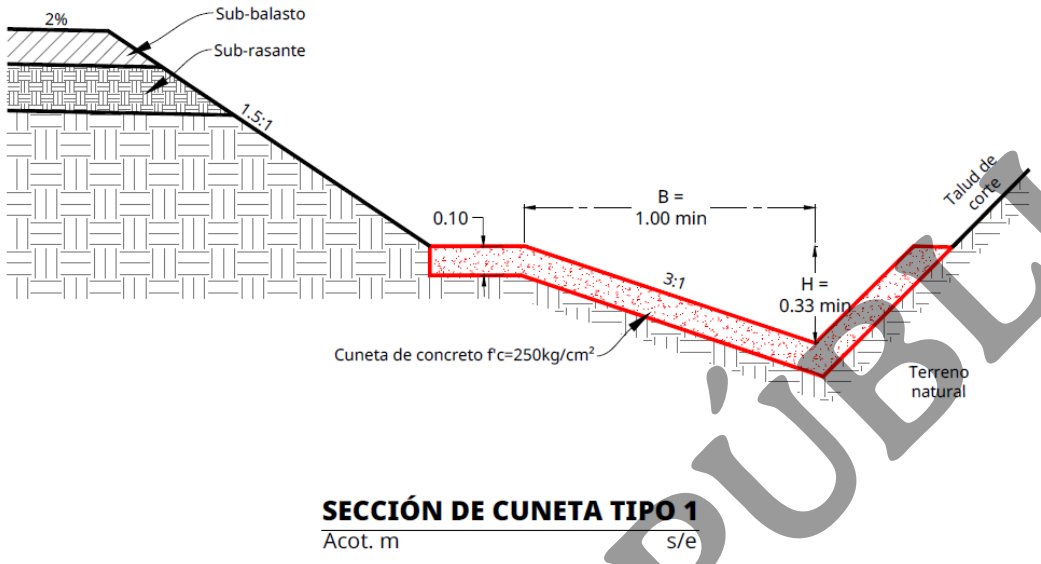


Figura I.19. Sección de cuneta tipo 1. Elaboración propia.

I.6.9.2. Contracuneta

El elemento contracuneta se ubicará en la parte alta del talud de corte, con una separación máxima de 1.00 metro entre juntas. Será construida a base de concreto f'c = 250 kg/cm². La excavación se realizará con retroexcavadora o maquinaria disponible en obra, considerando las dimensiones especificadas en planos, con una longitud mínima de 1.00 metro por tramo y un espesor de concreto de 0.10 metros.

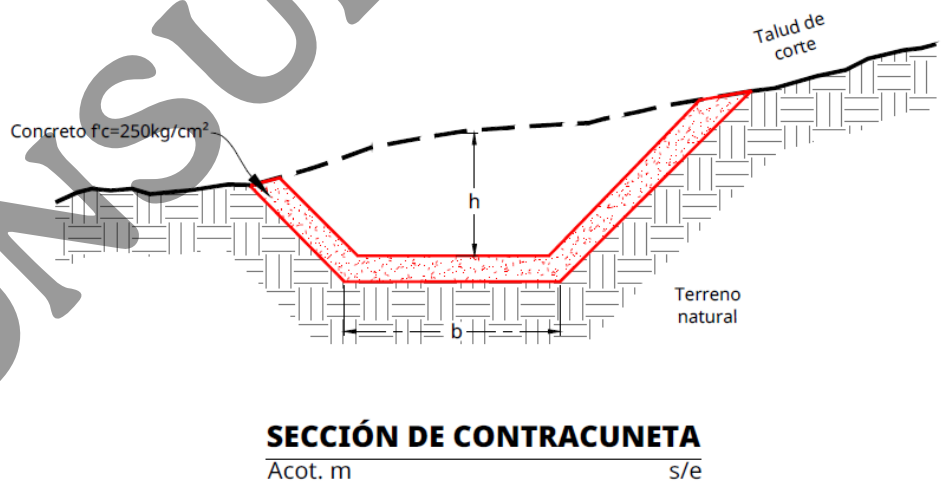


Figura I.20. Sección de contracuneta. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla I.22. Ubicación de las Obras de Drenaje Longitudinal (ODL). Elaboración propia.

Lado	Pk inicio	Pk final	Longitud (m)
Derecho	070+660	070+769	109
Izquierdo	077+820	077+852	32
Derecho	105+489	105+558	69
Derecho	105+495	106+456	961
Derecho	107+330	106+972	358
Derecho	109+149	108+997	152
Derecho	116+828	116+865	37
Derecho	118+046	117+918	128
Derecho	126+456	126+151	305
Derecho	149+460	149+540	80
Izquierdo	159+681	159+463	218
Izquierdo	163+905	163+956	51
Izquierdo	165+798	166+518	720
Izquierdo	175+546	176+175	629
Izquierdo	177+891	177+948	57
Derecho	184+468	184+413	55
Izquierdo	184+958	184+753	205
Izquierdo	213+800	214+291	491
Derecho	216+865	216+849	16
Izquierdo	225+381	225+307	74
Izquierdo	225+697	225+579	118
Izquierdo	225+896	225+863	33
Izquierdo	226+333	226+234	99
Izquierdo	226+622	226+467	155
Izquierdo	226+628	226+862	234
Derecho	227+085	226+983	102
Derecho	227+090	227+226	136
Derecho	227+708	228+128	420
Izquierdo	230+765	231+123	358
Derecho	232+441	232+279	162
Derecho	232+472	232+873	401
Derecho	233+104	233+039	65
Izquierdo	239+052	239+074	22

I.6.10. Estaciones de pasajeros

Las estaciones de pasajeros son las terminales del sistema ferroviario destinadas al ascenso y descenso de usuarios, y alojarán andenes, áreas de abordaje y taquillas, además de contar con la infraestructura hidráulica y sanitaria necesaria para su operación, la cual deberá conectarse al drenaje municipal o disponer de plantas de tratamiento que cumplan con la NOM-001-SEMARNAT-2021, conforme a los requerimientos de la Ley de Aguas Nacionales.

El proyecto contempla 7 estaciones y paraderos de pasajeros a lo largo del trazo, de los cuales 2 corresponden a estaciones (León y Tepatitlán de Morelos) y 5 a paraderos, con una superficie conjunta de 59.5083 ha. La denominación, tipología y superficie identificadas para cada una se presentan a continuación.

Tabla I.23. Estaciones y paraderos identificados, con su superficie. Elaboración propia.

Nombre	Tipo	Superficie (ha)
Tepatitlán de Morelos	Estación	16.9212
León (predio 1)*	Estación	13.3474
León (predio 2)*	Estación	4.4750
Aeropuerto Internacional de Guanajuato	Paradero	0.8323

CONSULTA PÚBLICA



Nombre	Tipo	Superficie (ha)
Capilla de Guadalupe	Paradero	4.1248
San Francisco del Rincón	Paradero	8.6863
Zapotlanejo	Paradero	6.4264
Silao	Paradero	4.6949
Total		**59.5083**

*La estación León se compone de 2 predios.

Las estaciones y paraderos constituirán los principales puntos de acceso al sistema ferroviario y permitirán el ascenso y descenso ordenados de pasajeros, el intercambio con otros medios de transporte y la integración del Proyecto con las localidades y zonas urbanas atendidas. Su configuración responderá a la jerarquía funcional, a la demanda estimada, a las características del servicio, a la disponibilidad de superficie, a las condiciones topográficas, a la conectividad vial, a los usos del suelo y a las particularidades ambientales de cada sitio.

Dependiendo de su función dentro del corredor, las instalaciones podrán corresponder a estaciones terminales, intermedias o paraderos de menor escala. Las estaciones de mayor jerarquía podrán contar con vías de llegada y salida, vías auxiliares, andenes, cubiertas, edificio de pasajeros, vestíbulos, circulaciones, áreas de espera, control de acceso, taquillas o validadores, sanitarios, áreas administrativas y técnicas, cuartos de instalaciones, locales de apoyo, estacionamiento, bahías, paradas de transporte público, áreas para ascenso y descenso, espacios para bicicletas y obras de urbanización. Los paraderos podrán resolverse mediante configuraciones simplificadas, integradas principalmente por andenes, cubiertas, circulaciones, iluminación, información al usuario y los elementos indispensables de seguridad y accesibilidad.

La selección y delimitación de cada emplazamiento considerarán su relación con la plataforma ferroviaria, la geometría de las vías, la disponibilidad del derecho de vía, los accesos existentes y la posibilidad de establecer conexiones seguras con las redes locales de transporte y movilidad.

I.6.10.1. Paradero Silao

El andén del paradero Silao se ubica en el cadenamiento Pk 29+695.03 a 29+905.63. El predio se ubica entre la Avenida A. Trejo y la calle A. Romita, cerca de la antigua estación de Silao, colindante con el Eco-Parque y la Unidad Deportiva “Los Eucaliptos”, en el municipio de Silao de la Victoria, Guanajuato. Se clasifica como paradero de demanda media, al requerir instalaciones amplias para atender flujos intermedios de usuarios, con áreas de espera y servicios complementarios que garanticen una operación adecuada.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional. El emplazamiento y el programa arquitectónico específico de cada estación se encuentran en desarrollo y sujetos a precisión durante las siguientes etapas de ingeniería.

CONSULTA PÚBLICA

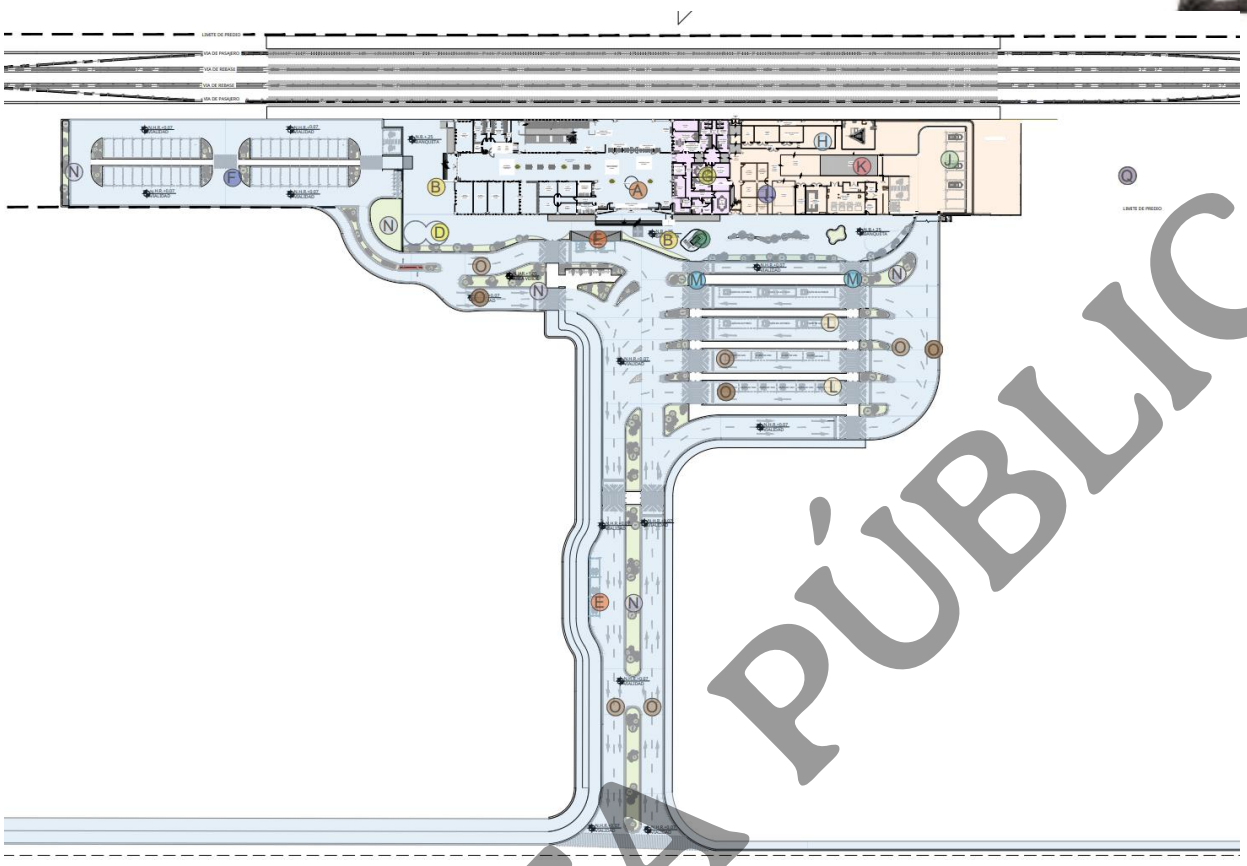


Figura I.21. Esquema de construcción de estación Silao Elaboración propia.

I.6.10.2. Paradero Aeropuerto Internacional de Guanajuato

El andén del paradero Aeropuerto Internacional de Guanajuato se ubica en el cadenamiento Pk 36+807.95 a 37+017.95. El paradero brindará servicio al Aeropuerto Internacional de Guanajuato, en el municipio de Silao, funcionando como punto de conexión intermodal con dicho aeropuerto. Se clasifica como paradero de demanda media, al requerir instalaciones amplias para atender flujos intermedios de usuarios, con áreas de espera y servicios complementarios que garanticen una operación adecuada.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional.

CONSULTA PÚBLICA

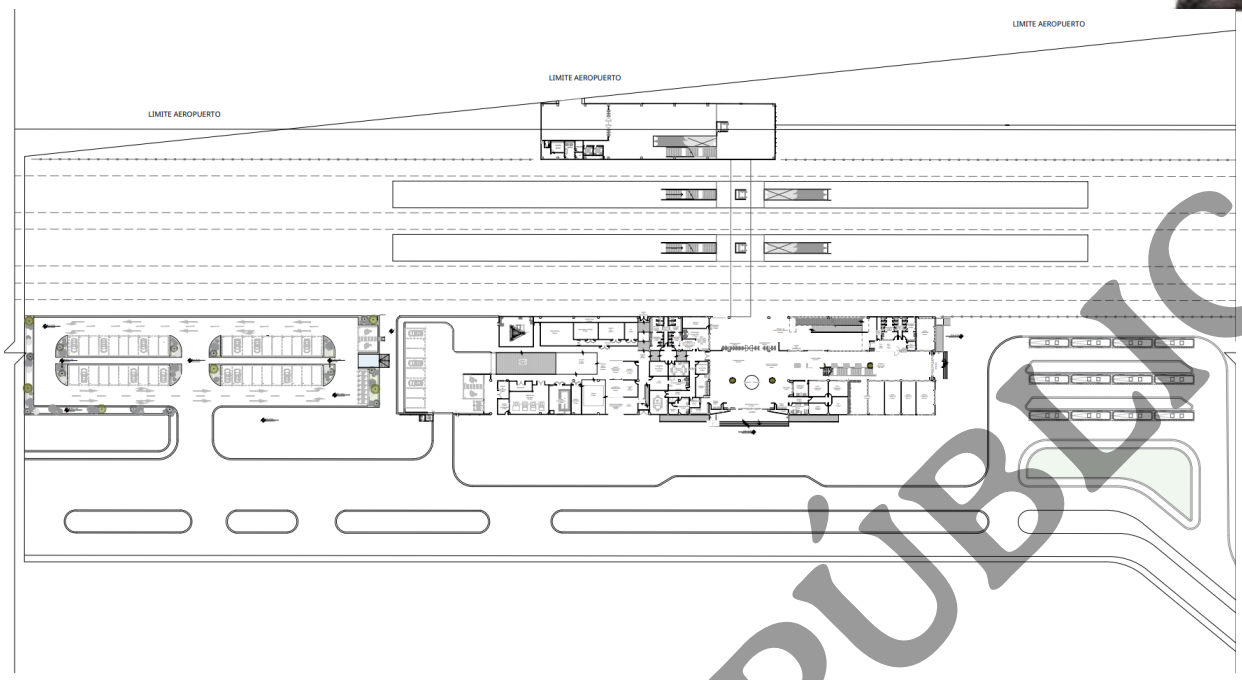


Figura I.22. Diseño estación Aeropuerto Internacional de Guanajuato. Elaboración propia.

I.6.10.3. Estación León

El andén de la estación León se ubica en el cadenamiento Pk 62+981.92 a 63+191.92. El predio se desarrolla en dos fracciones ubicadas entre las calles Lechugueros, Sta. María, Prolongación Independencia y Avenida Pompa, frente a la antigua estación del tren de León y colindante con el complejo industrial Pompa, en el municipio de León, Guanajuato. Se clasifica como estación de demanda alta, al ubicarse en una zona urbana de alta densidad demográfica, lo que exige instalaciones amplias capaces de gestionar grandes flujos de usuarios.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional.

CONSULTA PÚBLICA

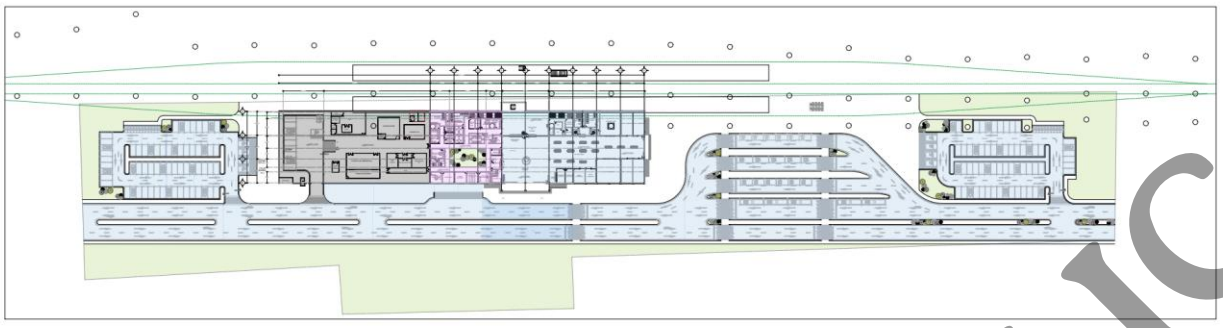


Figura I.23. Plano de diseño estación León. Elaboración propia.

I.6.10.4. Paradero San Francisco del Rincón

El andén del paradero San Francisco del Rincón se ubica en el cadenamiento Pk 84+323.45 a 84+533.45. El predio se ubica en el límite entre dos municipios: una fracción sobre la Avenida Libramiento Sur y Avenida Del Bosque, en Purísima del Rincón, y el acceso por el Camino al Fraccionamiento El Refugio, en San Francisco del Rincón, Guanajuato, jurisdicción que fungirá como sede principal de la estación. Se clasifica como paradero de demanda media, al requerir instalaciones amplias para atender flujos intermedios de usuarios, con áreas de espera y servicios complementarios que garanticen una operación adecuada.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional.

CONSULTA PÚBLICA

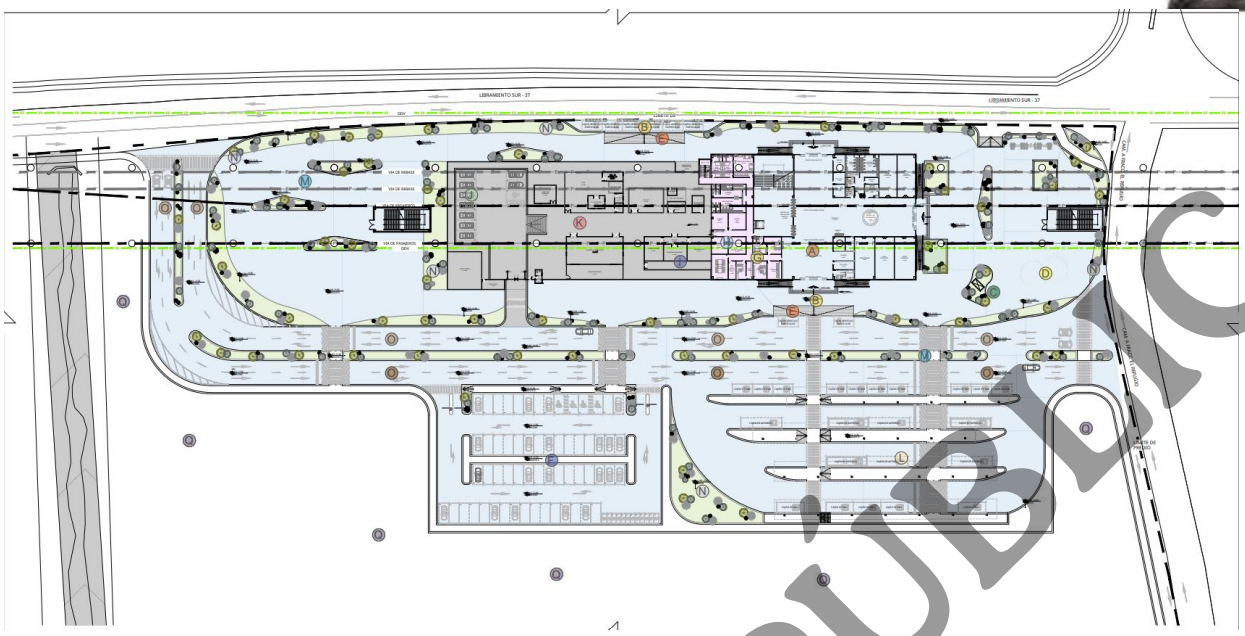


Figura I.24. Diseño de la estación San Francisco del Rincón. Elaboración propia.

I.6.10.5. Paradero Capilla de Guadalupe

El andén del paradero Capilla de Guadalupe se ubica en el cadenamiento Pk 171+986.65 a 172+196.65. El predio, de vocación ganadera, se ubica sobre la carretera Capilla de Guadalupe-San Miguel el Alto, vialidad que conecta con la región de Los Altos Sur de Jalisco; Capilla de Guadalupe es una delegación del municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Se clasifica como paradero de demanda baja, al funcionar como paradero de conexión de la región de Los Altos Sur de Jalisco, sin una presencia poblacional directa considerable.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional.

CONSULTA PÚBLICA

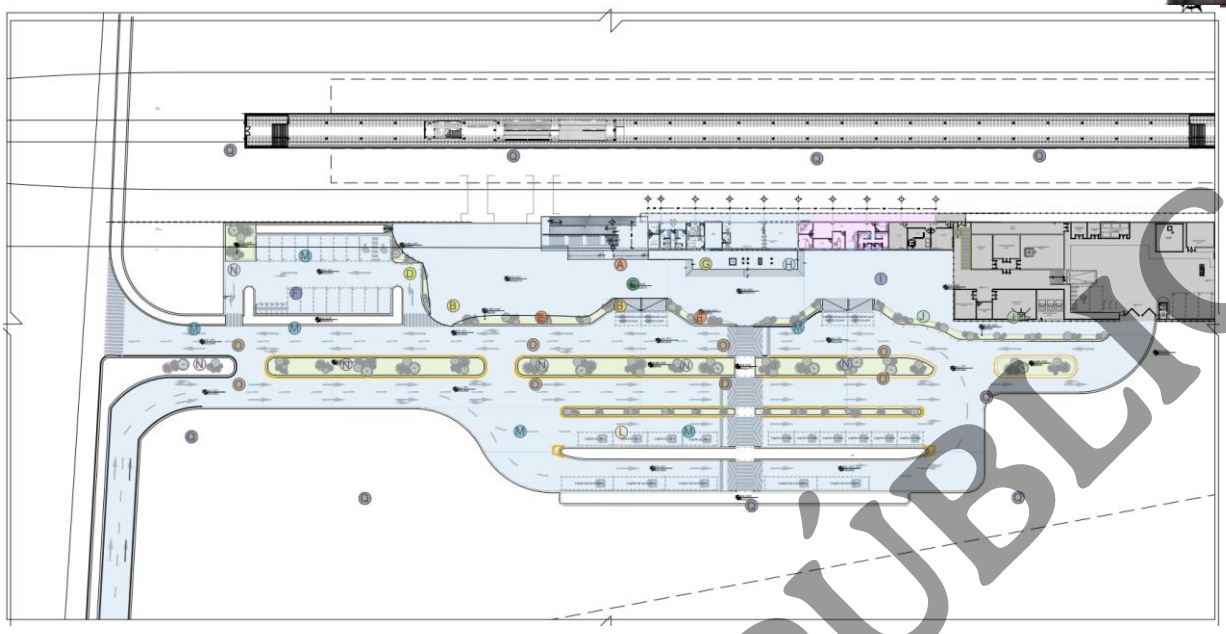


Figura I.25. Diseño estación Capilla de Guadalupe. Elaboración propia.

I.6.10.6. Estación Tepatitlán

El andén de la estación Tepatitlán se ubica en el cadenamiento Pk 195+582.52 a 195+792.52. El predio se ubica en la calle San Primitivo y Corregidora, cerca de la Autopista Lagos de Moreno, que conecta con el estado de San Luis Potosí, y colinda con la carretera Tepatitlán-Yahualica de González Gallo y predios ganaderos, en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Se clasifica como estación de demanda alta, por su ubicación en una zona urbana de densidad demográfica considerable y su conexión estratégica con los Altos Norte de Jalisco, el Área Metropolitana de Guadalajara y el estado de Aguascalientes.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional.

CONSULTA PÚBLICA

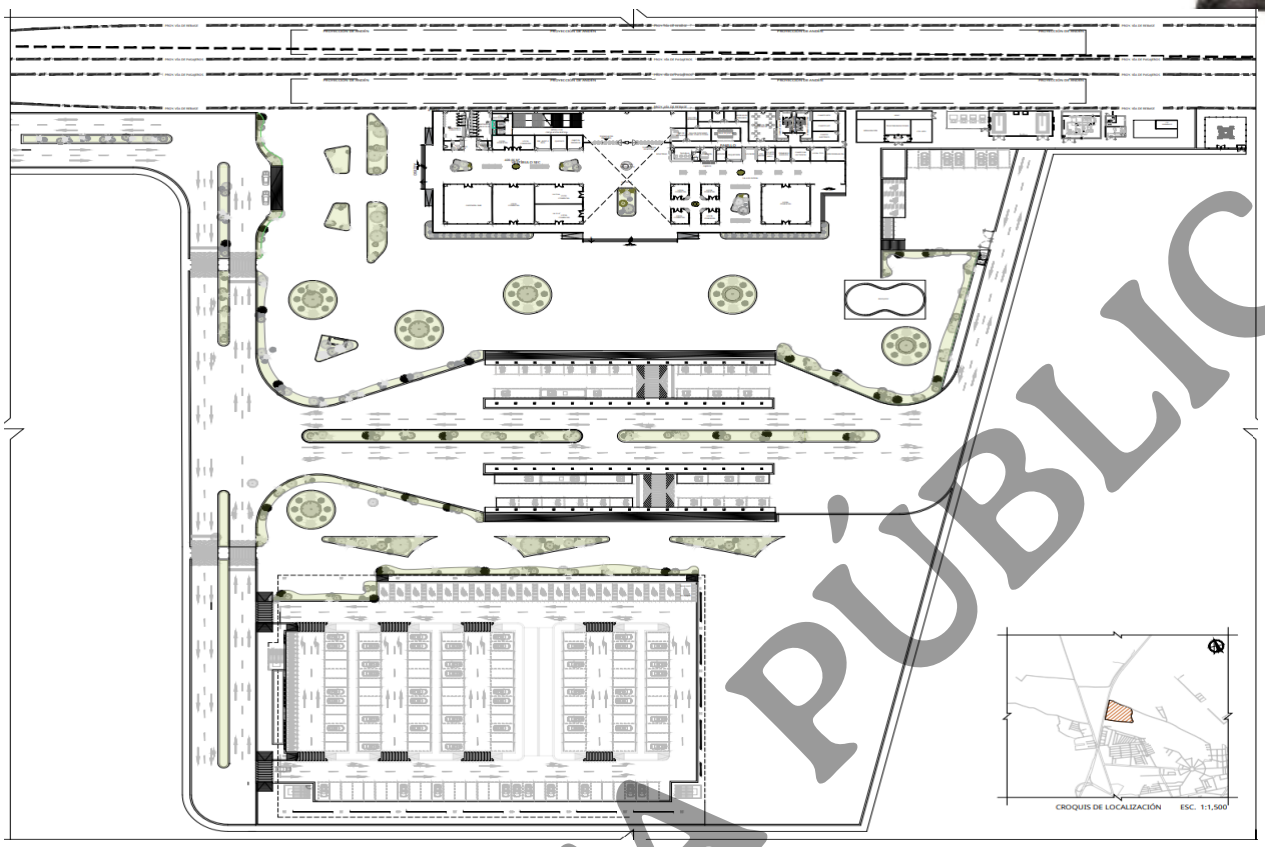


Figura I.26. Diseño de Estación Tepatitlán. Elaboración propia.

I.6.10.7. Paradero Zapotlanejo

El andén del paradero Zapotlanejo se ubica en el cadenamiento Pk 233+764.12 a 233+974.12. El predio se ubica sobre la calle Chula Vista, en las inmediaciones de la Autopista Lagos de Moreno-Zapotlanejo, y colinda con el Panteón Municipal de Zapotlanejo, Jalisco. Se clasifica como paradero de demanda media, al requerir una infraestructura con dimensiones suficientes para gestionar flujos moderados de usuarios.

El programa arquitectónico contempla, de manera general, zona pública, zona de andén, zona administrativa, zona operativa ferroviaria y de estación, y zonas de jardinería, buscando asegurar funcionalidad, accesibilidad universal, confort y seguridad para los usuarios, así como su integración con los distintos modos de transporte urbano y regional.

CONSULTA PÚBLICA

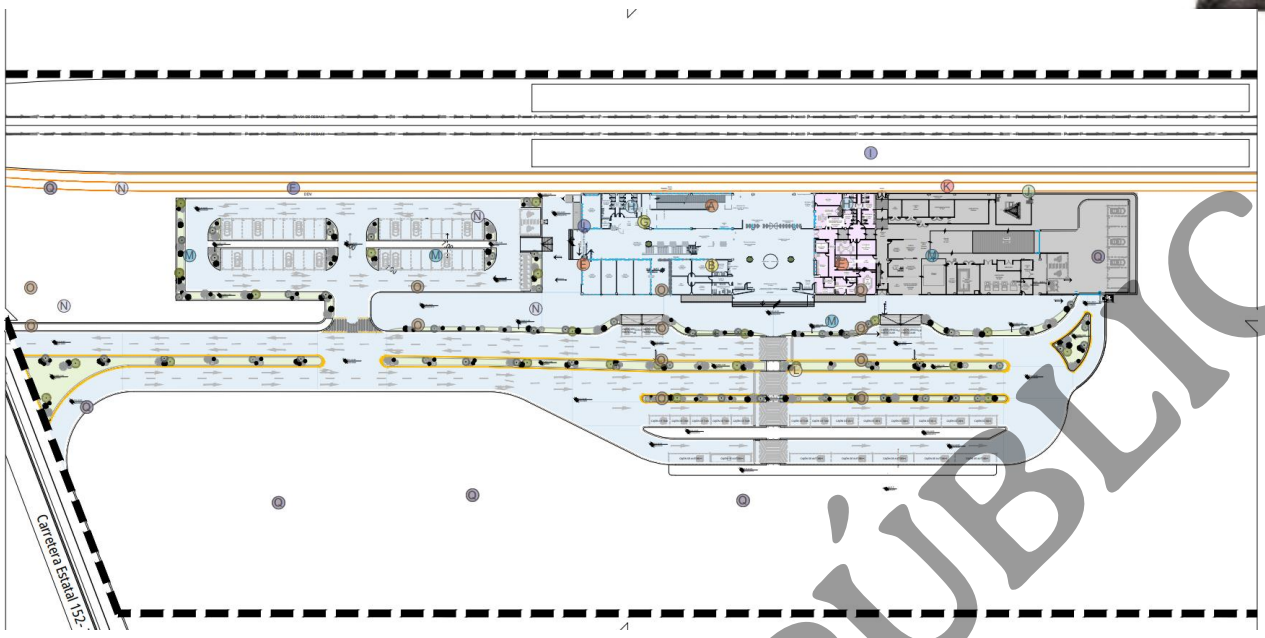


Figura I.27. Diseño de estación Zapotlanejo. Elaboración propia.

I.6.10.8. Seguridad ferroviaria, protección civil y vigilancia en estaciones y paraderos

Las 2 estaciones y los 5 paraderos se diseñarán de modo que el público permanezca separado de las vías, de las instalaciones técnicas y de las áreas operativas. Para ello podrán incorporarse cercas, barandales, puertas, barreras, controles de acceso y elementos de canalización que orienten a los usuarios hacia los puntos autorizados.

Los elementos de protección no invadirán el gálibo ferroviario ni reducirán la visibilidad de las señales, de los trenes ni de los movimientos dentro de la estación. Los accesos a cuartos técnicos, aparatos de vía, subestaciones, canalizaciones y áreas de mantenimiento permanecerán restringidos al personal autorizado. Cada instalación contará con rutas de evacuación, salidas, señalamiento, alumbrado de emergencia, puntos de reunión y medios de comunicación acordes con su superficie, configuración y afluencia esperada. Dependiendo de la jerarquía de la estación o paradero, podrán incorporarse sistemas de detección y alarma, extintores, gabinetes contra incendio, hidrantes, videovigilancia, comunicación de emergencia, control de accesos y respaldo de energía.

Las rutas para servicios de emergencia se mantendrán libres y permitirán la aproximación de ambulancias, unidades de protección civil, bomberos y personal de seguridad. Cuando existan andenes centrales, pasos inferiores o superiores, se preverán medios para acceder a ellos en caso de contingencia.

La iluminación interior y exterior proporcionará niveles suficientes para la circulación, operación y vigilancia, evitando el deslumbramiento de los operadores ferroviarios y la emisión innecesaria de luz hacia viviendas, terrenos colindantes o áreas de vegetación de los municipios

CONSULTA PÚBLICA



de incidencia. La ubicación de las luminarias procurará reducir las zonas de sombra y facilitar la inspección de los accesos, andenes y estacionamientos.

I.6.10.9. Drenaje, agua potable y aguas residuales en estaciones y paraderos

El drenaje pluvial se diseñará de manera independiente del sistema de aguas residuales. Las cubiertas, andenes, vialidades, estacionamientos y áreas exteriores contarán con pendientes, canaletas, coladeras, bajantes, rejillas, colectores y obras de descarga que eviten encharcamientos, la erosión y las aportaciones no controladas hacia la plataforma ferroviaria o los predios colindantes.

La capacidad del sistema considerará las superficies impermeables generadas por cada estación o paradero, las aportaciones externas y las condiciones de descarga disponibles en los cauces y cuerpos de agua identificados en el presente capítulo. Cuando resulte necesario, podrán incorporarse estructuras de regulación, infiltración, retención de sólidos o disipación de energía. Las descargas no deberán provocar erosión, inundación, afectación de las vialidades ni modificación perjudicial de los escurrimientos existentes.

Las aguas residuales provenientes de sanitarios, áreas de servicio y actividades de limpieza se conducirán a la infraestructura municipal o local que cuente con capacidad y autorización para recibirlas. En los sitios donde no exista una red disponible, se instalarán sistemas de tratamiento, almacenamiento y disposición compatibles con la demanda y con las condiciones normativas y ambientales aplicables, en congruencia con lo señalado para la planta de tratamiento descrita en la zona de locales técnicos de este mismo apartado.

Las instalaciones hidráulicas podrán incorporar cisternas, depósitos, equipos de bombeo, dispositivos de medición y sistemas para un uso eficiente del agua. Cuando sea técnica y sanitariamente viable, podrá evaluarse el aprovechamiento del agua pluvial o del agua tratada para riego, limpieza de superficies u otros usos que no requieran calidad potable. Las áreas de estacionamiento, mantenimiento o circulación vehicular se diseñarán para evitar que aceites, combustibles, sedimentos o residuos ingresen directamente al sistema de drenaje. En los puntos donde exista riesgo de arrastre de contaminantes podrán instalarse rejillas, trampas de sólidos, separadores u otros dispositivos de control.

I.6.10.10. Procedimiento constructivo de estaciones y paraderos

La construcción de las estaciones y paraderos podrá comprender la liberación y delimitación del área, retiro o reubicación de servicios, desmonte y despalme cuando resulten necesarios, preparación del terreno, terracerías, excavaciones, cimentaciones, estructuras, arquitectura, instalaciones, montaje de cubiertas, vías y aparatos de vía, pavimentos, urbanización, señalamiento, paisajismo y pruebas.

Antes de iniciar los trabajos, se verificarán topográficamente los límites, ejes, niveles, accesos y la relación con las vías existentes o proyectadas. También se localizarán las redes de agua, drenaje, electricidad, telecomunicaciones y demás servicios que pudieran interferir con

CONSULTA PÚBLICA



las obras. La preparación del terreno incluirá la conformación de plataformas, el mejoramiento o la sustitución de materiales inadecuados, la compactación y la ejecución de las medidas necesarias para proporcionar estabilidad a edificios, andenes, vialidades y áreas exteriores. Cuando las condiciones geotécnicas lo requieran podrán utilizarse cimentaciones profundas, losas, mejoramiento del suelo, muros de contención u otros sistemas.

Las estructuras se ejecutarán con concreto reforzado, acero, elementos prefabricados, mampostería u otros materiales compatibles con la solución arquitectónica y estructural. El procedimiento podrá incluir excavaciones, colocación de acero, cimbras, colados, montaje de columnas, trabes, losas y cubiertas, así como el tratamiento de juntas, la impermeabilización y los acabados. La construcción de los andenes se coordinará con la colocación y alineación de las vías para asegurar la altura y la separación requeridas, conforme a los parámetros de referencia señalados en el apartado I.5.11.4 (altura de andén de 1.1 m y longitud de 200 m, pendientes de confirmar). Durante estos trabajos se protegerán los elementos ferroviarios ya instalados y se mantendrán libres las tolerancias correspondientes al gálibo.

Las instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y especiales se ejecutarán de manera coordinada con las estructuras y los acabados para evitar demoliciones, interferencias o canalizaciones expuestas innecesarias. Antes del cierre de muros, pisos o plafones, se verificarán la posición, la continuidad y el funcionamiento de tuberías, conductores, registros y elementos embebidos. Cuando los trabajos se realicen junto a vías o instalaciones ferroviarias en operación, se establecerán procedimientos de protección, delimitación, comunicación y control de maniobras. Las actividades que pudieran interferir con la circulación de trenes se programarán dentro de los periodos autorizados y bajo las medidas de seguridad operacional correspondientes.

I.6.10.11. Instalaciones temporales y manejo ambiental durante la obra (estaciones y paraderos)

La construcción podrá requerir oficinas, almacenes, talleres, patios de prefabricados, plantas o zonas de preparación de concreto, áreas de armado, estacionamiento de maquinaria, acopios y caminos provisionales. Estas instalaciones se ubicarán en las superficies evaluadas y se retirarán cuando dejen de ser necesarias; los permisos ambientales, en estos casos, serán tramitados por los ganadores de las licitaciones y, previo al inicio de la construcción, se dará a conocer a esta Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA).

Los acopios de suelo, agregados y materiales de construcción se dispondrán en sitios estables, sin obstruir vialidades, drenajes, rutas peatonales ni accesos de emergencia. Los materiales susceptibles de dispersión se cubrirán, humedecerán o confinarán según sus características. Los materiales resultantes de la excavación se separarán para determinar su posible reutilización en rellenos, terracerías, nivelaciones o en áreas de urbanización. Los excedentes y materiales que no cumplan con las especificaciones se trasladarán a los sitios definidos para su manejo o disposición.

Durante la obra se aplicarán medidas para controlar el polvo, el ruido, las vibraciones, la erosión, el arrastre de sedimentos, los residuos y los derrames. Las aguas de lavado de concreto, pinturas, solventes, aceites, combustibles y demás sustancias no se descargarán en el suelo, en

CONSULTA PÚBLICA



el drenaje pluvial ni en los cauces identificados. Las áreas destinadas al mantenimiento o al abastecimiento de maquinaria contarán con medidas de contención y materiales para atender derrames.

Los accesos provisionales y las zonas de trabajo se señalizarán y se mantendrán separados de la circulación pública. Cuando las obras interfieran con vialidades, banquetas, paradas de transporte o accesos existentes, se implementarán rutas temporales que mantendrán la movilidad peatonal, vehicular y de los servicios de emergencia de los municipios de incidencia. Al concluir los trabajos, se retirarán las instalaciones, los residuos, los materiales y los elementos provisionales. Las superficies que no formen parte de la estación o paradero definitivo se estabilizarán, conformarán o restaurarán de acuerdo con el uso previsto y con las medidas ambientales aplicables.

I.6.10.12. Pruebas, puesta en servicio y mantenimiento de estaciones y paraderos

Antes de la puesta en operación, se verificará la geometría de las vías y andenes, gálibos, aparatos de vía, señalización, comunicaciones, energía, iluminación, drenaje, instalaciones hidráulicas y sanitarias, sistemas de seguridad, accesibilidad y el funcionamiento de los equipos destinados al servicio de pasajeros. Las pruebas comprenderán la revisión de recorridos, accesos, elevadores, rampas, sistemas de información, control de acceso, alarmas, alumbrado de emergencia, respaldo de energía y dispositivos de protección contra incendios. También se efectuarán recorridos de inspección y ejercicios de respuesta para comprobar la suficiencia de las rutas de evacuación y la coordinación con los servicios de emergencia municipales y estatales.

La habilitación al público se realizará una vez que las áreas de circulación, andenes, accesos, señalamiento y sistemas de seguridad estén terminadas y en funcionamiento. Las zonas que permanezcan en construcción deberán estar físicamente separadas y no interferir con la operación ferroviaria ni con el desplazamiento de los usuarios.

Durante la etapa de operación y mantenimiento se establecerán programas de limpieza, conservación e inspección de edificios, cubiertas, andenes, pavimentos, señalamiento, iluminación, drenaje, instalaciones, áreas verdes, cercas y dispositivos de seguridad. El mantenimiento procurará mantener libres las rutas accesibles, las evacuaciones, las canaletas, las coladeras y las áreas próximas al borde de los andenes.

I.6.11. Base de mantenimiento

El proyecto contempla una base de mantenimiento destinada a las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante y de la infraestructura ferroviaria durante la etapa de operación. La base se ubica en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, en las inmediaciones de la localidad de Capilla de Guadalupe, al costado sur del eje del trazo, entre el Pk 172+614 y el Pk 173+586, y a 354 m del paradero Capilla de Guadalupe. La base de mantenimiento ocupa una superficie de 22.0886 ha (220,885.58 m²), calculada en QGIS bajo la

CONSULTA PÚBLICA



proyección EPSG:6372 (México ITRF2008), con un perímetro de 2,492.78 m. Dicha superficie se encuentra comprendida en su totalidad dentro del Área del Proyecto (AP).

I.6.12. Puentes

Los puentes constituyen la solución estructural que el proyecto emplea para salvar los cruces de mayor envergadura a lo largo del trazo, ya sea sobre vialidades y caminos existentes (cruces carreteros) o sobre cuerpos y corrientes de agua de mayor caudal (cruces hidráulicos), en los puntos donde las condiciones topográficas, hidrológicas o de tránsito no permiten resolver el cruce mediante una obra de drenaje transversal o un paso vehicular convencional.

En el caso de los puentes sobre cuerpos y corrientes de agua, estos se apoyan sobre pilas de concreto reforzado, con el objeto de garantizar el escurrimiento libre durante las avenidas máximas estacionales y proteger el terraplén ferroviario. La construcción de este tipo de obras en zonas de la llanura de inundación conlleva, en su caso, la obligación de tramitar las concesiones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua para la ocupación de la zona federal, en apego a la Ley de Aguas Nacionales. De los cauces federales identificados a lo largo del trazo, 36 serán cruzados mediante este tipo de estructura.

En el caso de los puentes sobre cruces carreteros, estos permiten salvar vialidades y caminos existentes que, por su jerarquía, volumen de tránsito o condiciones geométricas, requieren una solución estructural de mayor claro que la que ofrecen los pasos vehiculares convencionales.

Se contemplan 70 puentes a lo largo del trazo del proyecto (52 en la zona UTM 13N y 18 en la zona UTM 14N). De estos, 36 corresponden a cruces sobre cuerpos y corrientes de agua, conforme a lo señalado anteriormente, mientras que los 34 restantes se asocian a cruces carreteros u otras condiciones topográficas del trazo que requieren esta solución estructural.

La tipología de los puentes responde a las condiciones geométricas, físicas y requerimientos de cada sitio, para lo cual se contemplan tres propuestas estructurales. La primera consiste en muros cargaderos con conos de derrame para dar amplitud a los taludes de acceso. La segunda emplea apoyos tipo pila en los extremos, combinados con muros mecánicamente estabilizados que contienen el terraplén de entrada y salida. La tercera utiliza muros tipo estribo en los extremos, los cuales ya incorporan los muros aleros necesarios para resguardar el talud de los terraplenes.

I.6.12.1. Puente Río Santiago (Pk 242+480 - 242+990)

El presente procedimiento establece la secuencia general para la construcción del puente ferroviario “Rio Santiago” proyectado en las inmediaciones de Guadalajara, considerando las condiciones particulares observadas en la zona de estudio, donde el eje ferroviario atraviesa de manera importante, una zona representada cartográficamente como área ambientalmente restringida o protegida. La estrategia constructiva deberá orientarse a garantizar la seguridad estructural, ferroviaria y del personal, así como a reducir al mínimo la

CONSULTA PÚBLICA



ocupación temporal y permanente del terreno, particularmente dentro de las áreas ambientalmente sensibles. De acuerdo con la información proporcionada, el eje del proyecto de dicho puente se desarrolla aproximadamente entre el PK 242+500 al 242+900, observándose que el cruce principal con la zona ambientalmente restringida se concentra aproximadamente entre las estaciones 242+500 y 243+000.

La solución constructiva deberá privilegiar, en la medida que sea técnica y económicamente viable, una disposición estructural que permita reducir el número de apoyos dentro de la zona ambientalmente restringida, concentrando las cimentaciones y las áreas de trabajo en las zonas exteriores al área sensible.

La zona del proyecto es predominantemente rural, con parcelas agrícolas, caminos existentes, áreas de vegetación, lo que resulta determinante para establecer el procedimiento constructivo, debido a que no sería conveniente plantear la ejecución de un camino de obra permanente que atraviese longitudinalmente la zona protegida únicamente para facilitar el acceso de maquinaria. Por lo anterior, la estrategia recomendada consiste en:

- Aprovechar al máximo los caminos existentes
- Utilizar las zonas agrícolas o áreas previamente alteradas para instalaciones provisionales, previa autorización.
- Concentrar los patios de maquinaria y almacenamiento fuera de las zonas restringidas.
- Acceder a los frentes de obra desde ambos extremos del cruce cuando las condiciones lo permitan.
- Evitar la apertura de caminos nuevos dentro del área protegida.
- Reducir al mínimo la cantidad de maquinaria que ingrese al área ambientalmente sensible.
- Prefabricar fuera del área restringida la mayor cantidad posible de elementos.
- Transportar los elementos estructurales hasta los puntos de montaje únicamente cuando sean necesarios.
- Evitar almacenar acero, combustibles, cemento, agregados o materiales contaminantes dentro del área protegida. Evitar el lavado de ollas revolvedoras, bombas de concreto o maquinaria dentro de dicha zona.
- Restaurar las superficies ocupadas temporalmente una vez terminados los trabajos.

En consecuencia, el área protegida deberá considerarse como una zona de intervención controlada, y no como un área disponible para instalaciones generales de construcción.

CONSULTA PÚBLICA





Zona A, área de construcción permanente. Comprenderá exclusivamente: Cimentaciones. Pilas. Estribos. Superestructura. Accesos definitivos. Obras de drenaje. Obras ferroviarias.

Zona B, área temporal de construcción. Podrá incluir: Patios de maniobra. Oficinas. Almacenes. Estacionamiento de maquinaria. Áreas de armado. Plataformas de montaje. Zonas de carga y descarga. Estas áreas deberán localizarse preferentemente fuera de la zona protegida.

Zona C, área ambientalmente restringida. Se deberá señalizar y delimitar de manera visible. Dentro de esta zona no se permitirá: Estacionamiento indiscriminado de maquinaria. Almacenamiento de combustible. Almacenamiento de residuos. Lavado de maquinaria. Descarga de concreto fuera de las áreas autorizadas. Apertura de caminos no autorizados. Extracción innecesaria de vegetación. Acopio permanente de materiales. La circulación dentro de esta zona deberá limitarse exclusivamente a los frentes de trabajo autorizados.

La construcción del puente deberá desarrollarse bajo un principio de intervención mínima dentro de la zona ambientalmente restringida, concentrando las instalaciones, acopios, patios de maquinaria y actividades auxiliares fuera de ella. La solución constructiva deberá buscar que la mayor cantidad posible de componentes sean preparados previamente en instalaciones externas y trasladados al sitio únicamente para su colocación.

Particularmente, la fabricación de elementos metálicos, habilitado de acero, almacenamiento de materiales, mantenimiento de maquinaria, almacenamiento de combustibles y lavado de equipos deberán realizarse preferentemente fuera del área ambientalmente sensible. La zona protegida no deberá utilizarse como área general de trabajo, sino únicamente como superficie de intervención puntual cuando la propia geometría del puente haga indispensable la ejecución de algún elemento estructural dentro de ella.

Una vez terminada la estructura, la instalación de la vía, los sistemas de drenaje, los elementos de protección y finalmente los parapetos, se procederá al retiro de las instalaciones provisionales y a la restauración de las áreas temporalmente ocupadas. El objetivo final será que la infraestructura ferroviaria quede completamente funcional, segura y operativa, mientras que la afectación temporal sobre el entorno se mantenga dentro de las superficies estrictamente necesarias y autorizadas.

CONSULTA PÚBLICA



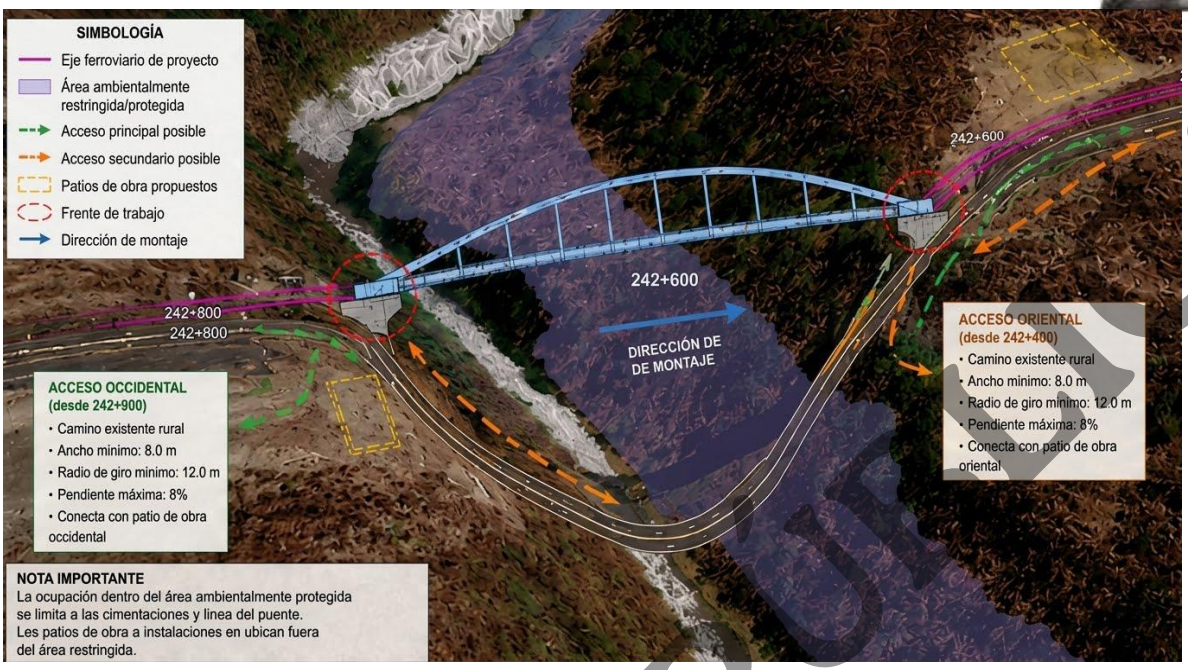


Figura 28. Esquema de construcción de Puente Río Santiago.

I.6.13. Bancos de materiales y bancos de tiro

Para la conformación de las terracerías, la subrasante, el subbalasto y el balasto, la calidad de los materiales se controla conforme a la normatividad de infraestructura del transporte de la SICT aplicable a cada capa del lecho de vía: desmonte (N-CTR-CAR-1-01-001/11), despalme (N-CTR-CAR-1-01-002/11), pedraplén (N-CMT-1-01/21), terraplén (N.CMT.1.01/21), subrasante (N.CMT.1.03/21), subbalasto (N.CMT.4.02.001/21) y balasto (NOM-003-ARTF-2023).

Se han identificado diez bancos de materiales con las autorizaciones y concesiones correspondientes, cuya localización, volúmenes y tipo de material se presentan en la tabla siguiente. Como parte de la estrategia de aprovechamiento de materiales, se contempla la utilización de los productos de corte para la conformación de la plataforma de vía, siempre que sus características cumplan con las especificaciones de calidad aplicables, lo cual es particularmente relevante en el tramo comprendido entre San Francisco del Rincón y Arandas, y entre Tepatitlán de Morelos y Tonalá, donde no se identifican bancos de materiales con las condiciones y autorizaciones ambientales requeridas.

Tabla I.24. Bancos de materiales identificados para el proyecto. Elaboración propia.

Nombre	Zona UTM	Este X	Norte Y	Vol. concesión (m^3)	Vol. aprovechado (m^3)	Vol. disponible (m^3)	Tipo de roca	Tipo de material	Usos probables
Triturados AGRESA	14 Q	255807	2318209	6,000,000	2,106,000	3,894,000	Basalto andesítico	Balasto, grava, arena	Construcción
Agregados de México (AGREMEX)	14 Q	237257	2318003	140,000,000	10,230,500	129,769,500	Basalto andesítico	Base hidráulica de 1½" a finos, con posibilidad	Revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico

CONSULTA PÚBLICA



Nombre	Zona UTM	Este X	Norte Y	Vol. concesión (m³)	Vol. aprovechado (m³)	Vol. disponible (m³)	Tipo de roca	Tipo de material	Usos probables
								de producir balasto	
Taz Solution	14 Q	232574	2318111	5,000,000	540,000	4,460,000	Basalto andesítico	Grava, arena	Revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico
Triturados Santa Ana	14 Q	230701	2317545	12,000,000	11,550,000	450,000	Basalto andesítico	Grava, arena	Construcción
Trituradora Diablo	14 Q	238902	2320503	12,000,000	5,600,000	6,400,000	Basalto andesítico	Gravas y arenas de basalto	Construcción
Banco San José de los Romeros	14 Q	240678	2329898	4,000,000	386,400	3,613,600	Basalto	Gravas y arenas de basalto	Mampostería
Triturados San Cristóbal	14 Q	216213	2321865	28,800,000	14,950,080	13,849,920	Basalto andesítico	Agregados de arena y grava de basalto, con posibilidad de hacer balasto	Revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico
Banco Gravaltos	13 Q	768516	2309438	1,000,000	422,400	577,600	Basalto	Grava y arena basáltica	Construcción
Banco Geológico Sacamecate	13 Q	761061	2296105	2,000,000	1,440,000	560,000	Escoria basáltica	Tepetate y tezontle para relleno	Relleno
Asfaltos Guadalajara	13 Q	685177	2281694	20,000,000	14,432,000	5,568,000	Basalto andesítico	Grava y arena basáltica	Revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico

El manejo y disposición de los residuos generados, clasificados como Residuos de Manejo Especial (RME), se realizará conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011. Los materiales producto del despalme, cortes y excavaciones que no cumplan con las características requeridas, pero que sean susceptibles de aprovechamiento, podrán utilizarse en actividades de relleno, conformación de terrenos o restauración de las áreas intervenidas; el material que no pueda ser aprovechado será trasladado a los sitios autorizados para su disposición final, identificados en la tabla siguiente.

Tabla I.25. Bancos de tiro identificados para el proyecto. Elaboración propia.

Razón social	Municipio	Zona UTM	Este X	Norte Y	Capacidad diaria	Etapa de manejo	Tipo de residuos	Dictamen / Registro
Servicios Ambientales El Refugio, S.A. de C.V.	Silao de la Victoria, Gto.	14 Q	237093	2315045	39 m³	Acopio	Residuos producto de la construcción y materia orgánica	SIL-PRME-1307/2025
JCB Impulsora Ambiental (CIPRÉS Irapuato)	Irapuato, Gto.	14 Q	259821	2298271	250 ton	Acopio	Lodo residual de PTAR, escombro, residuos sólidos de criba PTAR, residuos de construcción	IRA-PRME-112/2011
Relleno Sanitario "El Verde"	León de los Aldama, Gto.	14 Q	211647	2343980	2,000 ton	Acopio	Residuos sólidos urbanos	Bitácora 11/MP-0002/12/21

CONSULTA PÚBLICA



Razón social	Municipio	Zona UTM	Este X	Norte Y	Capacidad diaria	Etapa de manejo	Tipo de residuos	Dictamen / Registro
							y residuos de manejo especial	
ATC Acarreos, Escombro, Arenas y Agregados	San Pedro Tlaquepaque, Jal.	13 Q	664060	2276362	42 m³	Transferencia	Residuos producto de la construcción (escombros) y limpieza de terreno (desmonte)	Licencia 1006112630

Esta información puede revisarse con mayor detalle dentro del *ANX.VI. Estudios de factibilidad ambiental>VI.4. Informe de bancos de materiales y de tiro.*

I.7. CRONOGRAMA DE TRABAJO, Y DE LA EJECUCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO

El programa de ejecución física del proyecto contempla el inicio de actividades en 2026 siempre y cuando se cuente con las autorizaciones en Materia de Impacto Ambiental solicitadas dentro de este manifiesto, distribuyendo el desarrollo de los distintos componentes del proyecto conforme al siguiente programa de obra.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla I.26. **Programa de ejecución de las obras del proyecto. Elaboración propia.**

Obras y actividades	Año 01											Año 02												Año 03												Años
	Meses																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	4,5,6... 50
Etapa de preparación del sitio																																					
Estudios de ejecución																																					
Liberación de derecho de vía																																					
Costos de ejecución para mitigación																																					
Desmonte																																					
Despalme																																					
Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna																																					
Rescate y reubicación de flora																																					
Etapa de construcción																																					
Vía (km)																																					
Viaducto de vía doble (km)																																					
Cruce a nivel (existente)																																					
Cruce eléctrico alta tensión																																					
Cruce eléctrico media tensión																																					
Cruce eléctrico baja tensión																																					
Paso superior ferroviario																																					
Obra de drenaje transversal																																					
Estaciones																																					
Paradero																																					
Puentes (ODT)																																					
Paso inferior ferroviario																																					
Puente peatonal																																					
Sistemas de energía																																					
Instalaciones ferroviarias																																					
Material rodante																																					
Evaluación independiente seguridad (ISA)																																					
Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones)																																					
Boletaje																																					
Etapa de operación y mantenimiento																																					
Operación de tren																																					

CONSULTA PÚBLICA



I.8. ETAPAS DEL PROYECTO

El proyecto se desarrollará en las etapas de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento, mismas que se describen a continuación.

I.8.1. Etapa de preparación del sitio

I.8.1.1. Estudios previos para demostrar la factibilidad del proyecto

a) Mecánica de suelos (geotecnia y geofísica)

En esta fase se realiza el planteamiento de la campaña geológica, geotécnica y geohidrológica, así como las investigaciones y ensayos correspondientes, en cumplimiento con los términos de referencia del Proyecto Ejecutivo del Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: $0^{+}000$ al $245^{+}500$. De igual forma, durante esta etapa se lleva a cabo la ejecución de la campaña planteada y los recorridos de reconocimiento geológico a lo largo del trazo.

Dada la naturaleza geológica de la región, caracterizada por materiales de origen volcánico (lomeríos de basalto, domos volcánicos y mesetas basálticas) en su tramo de aproximación a la Zona Metropolitana de Guadalajara, y por suelos arcillosos expansivos (vertisoles) en su porción correspondiente al Bajío guanajuatense, se llevarán a cabo los estudios necesarios para determinar las condiciones de estabilidad y capacidad de carga del terreno, así como la presencia de fenómenos de subsidencia y agrietamiento del suelo, ampliamente documentados en la región del Bajío guanajuatense como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos, con el fin de desarrollar la solución geotécnica más adecuada y de menor afectación a la integridad del proyecto.



Figura I.29. Ejecución de estudios de geología. Imagen ilustrativa.

b) Topografía

La topografía es indispensable para el estudio hidrológico, ya que permite estimar el comportamiento de la lluvia al transformarse en escurrimiento, los tiempos de concentración y el volumen de agua acumulado en cada cauce. Estos parámetros dependen directamente de

CONSULTA PÚBLICA



la pendiente del terreno por el que escurre, por lo que el levantamiento topográfico del derecho de vía constituye la base para el diseño geométrico del trazo y para el dimensionamiento de las obras de drenaje del proyecto.

- **Trabajos previos en el eje de la vía férrea**

Las actividades relacionadas con la preparación del sitio se refieren a los trabajos previos de acondicionamiento y limpieza de la zona de trabajo, donde se desarrollará posteriormente la fase constructiva de la vía férrea del proyecto.

- **Trazo del eje de la vía férrea**

Esta actividad se refiere a la delimitación del área en el sitio del proyecto. El trazado de toda la obra lineal se compone de la adecuada combinación de los siguientes elementos básicos:

- Alineación en planta (rectas o curvas).
- Alineación en alzado (rampas).
- El trazo en campo se realizará por tramos con diferentes brigadas, siguiendo lo proyectado, distribuidas conforme a los 10 frentes de trabajo propuestos para el proyecto.

Se considera deseable que la vía férrea, para cualquier proyecto, use el mayor porcentaje de líneas rectas ligadas con curvas del mayor radio; que las pendientes sean lo menor posible y aplicadas en tramos de gran longitud, que al subir y bajar deba limitarse a lo indispensable entre dos puntos obligados, que la suma de las deflexiones del trazo deba reducirse al mínimo; asimismo, las espirales deben servir para la transición del riel sobre-elevado entre las curvas circulares y las tangentes, permitiendo contrarrestar la fuerza centrífuga y aprovechar al máximo el peso propio del tren.

I.8.1.2. Ejecución de las acciones y programas ambientales

a) **Aplicación del Rescate y Reubicación de Flora**

Previo a toda actividad de construcción, se llevarán a cabo los trabajos de rescate y reubicación de la flora silvestre susceptible a rescate y en alguna categoría de protección, conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), así como aquellas especies de importancia ecológica, comercial y cultural para las regiones del Bajío guanajuatense y de los Altos de Jalisco por las que incide el trazo.

Esta actividad consiste en la identificación de individuos de especies dentro del trazo del proyecto susceptibles a rescate y su posterior reubicación en sitios con condiciones ecológicas similares a aquellas de donde fueron extraídos; en sitio se marcarán los ejemplares

CONSULTA PÚBLICA



y serán trasladados a un vivero de tipo temporal, donde se les dará el tratamiento y acondicionamiento necesarios previo a su reubicación definitiva. Asimismo, se llevará a cabo la colecta de germoplasma o, en su caso, la toma de la parte vegetativa (esqueje) de los individuos que así lo requieran.



Figura I.30. Acciones de rescate de flora silvestre. Imagen ilustrativa.



Figura I.31. Transporte de la planta rescatada a vivero forestal temporal. Imagen ilustrativa.



Figura I.32. Actividades dentro del vivero forestal temporal. Imagen ilustrativa.

CONSULTA PÚBLICA

b) Aplicación del Ahuyentamiento, Rescate, Reubicación y Ahuyentamiento de la Fauna Silvestre

Previo a toda actividad de construcción, se llevarán a cabo los trabajos de rescate, reubicación y ahuyentamiento de la fauna silvestre susceptible a rescate y en alguna categoría de protección, conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas especies de importancia ecológica de la región.

Esta actividad se llevará a cabo con especialistas en el manejo de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Previo al ingreso de la maquinaria se realizará el ahuyentamiento de fauna, así como la colocación de trampas y cámaras trampa para la localización de especies susceptibles a rescate y su reubicación en condiciones ecológicas similares a las del sitio de rescate.



Figura I.33. Rescate activo de fauna silvestre (1). Imagen ilustrativa.



Figura I.34. Rescate activo de fauna silvestre (2). Imagen ilustrativa.

CONSULTA PÚBLICA



Figura I.35. Colocación de trampas Tomahawk y captura de fauna silvestre. Imagen ilustrativa.



Figura I.36. Liberación de fauna silvestre en sitios de reubicación y liberación. Imagen ilustrativa.

I.8.1.3. Obras adicionales para el comienzo de la etapa de preparación del sitio

a) Instalaciones de oficinas móviles

Se instalarán oficinas móviles tipo campamento (*camper*) dentro del trazo del proyecto, distribuidas entre los distintos frentes de trabajo, destinadas al personal operativo y de supervisión de la obra.

b) Caminos de acceso

Se refiere a los caminos de acceso necesarios para la construcción del tren. Para el proyecto se prevé privilegiar la utilización de los caminos y terracerías ya existentes a lo largo del corredor, evitando en la medida de lo posible la apertura de nuevos caminos, con el fin de minimizar la afectación adicional al entorno.

CONSULTA PÚBLICA

c) Sanitarios portátiles

Para atender las necesidades fisiológicas del personal durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se instalarán sanitarios portátiles en cada uno de los frentes de trabajo, con la finalidad de evitar el fecalismo al aire libre y la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua. La dotación se establecerá a razón de al menos un sanitario por cada 25 trabajadores, separando los destinados a hombres y a mujeres. Los sanitarios se ubicarán dentro del derecho de vía, en sitios planos, estables y de fácil acceso para su mantenimiento, fuera de la zona federal de los cauces y de los cuerpos de agua y alejados de las áreas con vegetación forestal. Se reubicarán conforme avance cada frente de trabajo, de manera que el personal disponga de ellos a una distancia razonable de su área de labores.

El suministro, la limpieza y el mantenimiento estarán a cargo de una empresa especializada que cuente con las autorizaciones correspondientes. La empresa realizará la succión de las aguas residuales y la desinfección de las unidades con la frecuencia que requiera su uso, y trasladará las aguas residuales a plantas de tratamiento autorizadas para su disposición final. Conforme al artículo 121 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en ningún caso se descargarán ni infiltrarán aguas residuales al suelo, a los cauces o a los cuerpos de agua.



Figura I.37. Colocación de sanitarios portátiles en los frentes de trabajo. Imagen ilustrativa.

d) Almacen de residuos

Para el manejo de los residuos que se generen durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se habilitará en cada frente de trabajo un área de almacenamiento temporal. En ella se concentrarán, de manera separada, los residuos sólidos urbanos, los residuos de manejo especial y, en su caso, los residuos peligrosos, en tanto se realiza su recolección y traslado a sitios de disposición o tratamiento autorizados. El almacén se ubicará dentro del derecho de vía, en terreno plano y estable, fuera de la zona federal de los cauces y de los cuerpos de agua y alejado de las áreas con vegetación forestal, y se reubicará conforme al avance de los frentes de trabajo.

CONSULTA PÚBLICA

Los residuos sólidos urbanos, como restos de alimentos, papel, cartón y plásticos, se depositarán en contenedores con tapa, identificados por tipo de residuo, para su separación conforme a la normatividad estatal aplicable en Guanajuato y Jalisco. Los residuos de manejo especial derivados de la construcción, como escombro, material producto de excavación no reutilizable, restos de concreto, acero, madera y embalajes, se clasificarán conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011.

Los residuos peligrosos que se generen, como envases de aceites, lubricantes, pinturas y solventes, estopas y materiales impregnados con hidrocarburos, se almacenarán en un área exclusiva que cumpla con lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Los residuos peligrosos se depositarán en contenedores cerrados y etiquetados, sin mezclar los que sean incompatibles entre sí, y permanecerán almacenados por un periodo no mayor al que establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos para la categoría de generador que corresponda.

La recolección, el transporte y la disposición final de los residuos se realizarán por empresas autorizadas por la autoridad competente para cada tipo de residuo: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para los residuos peligrosos, las autoridades estatales para los de manejo especial y los servicios municipales o empresas autorizadas para los sólidos urbanos. Las entradas y salidas de residuos del almacén se registrarán en una bitácora, y se conservarán los manifiestos de entrega, transporte y recepción como evidencia de su manejo adecuado. Al concluir los trabajos en cada frente, el almacén temporal se desmantelará, se retirarán la totalidad de los residuos y contenedores, y el área ocupada se restituirá a sus condiciones previas.



Figura I.38. Almacen y contenedores para los residuos. Imagen ilustrativa.

e) Desmonte

Previo a la entrada de la maquinaria en las áreas de construcción, se realizará el marcaje de los árboles mayores a 7.5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) a derribar dentro del derecho de vía autorizado.

CONSULTA PÚBLICA

Antes de iniciar esta actividad, se mantendrá la vigilancia requerida durante el desmonte, en las áreas que delimiten las zonas que contendrán los diferentes frentes de trabajo, como medida para la conservación y protección de la flora silvestre.

Esta actividad consiste en retirar árboles, arbustos, troncos, etc., que se encuentren dentro del área del proyecto. La remoción del arbolado deberá realizarse de forma gradual y direccional, evitando daños a la vegetación aledaña al proyecto. Se efectuará con medios mecánicos (tractores) y semi mecánicos (motosierras), en función del diámetro y la altura del arbolado presente en cada tramo del derecho de vía. Para la remoción está prohibido el uso de alguna sustancia química o fuego.

El desmonte se realizará únicamente en las áreas indicadas en los planos del proyecto, sin afectar la vegetación que se encuentre fuera de los límites señalados. La actividad se ejecutará conforme se vayan ocupando las áreas correspondientes a cada frente de trabajo.



Figura I.39. Delimitación de las superficies para el desmonte. Imagen ilustrativa.





Figura I.40. Marcaje de individuos para desmonte, y desmonte progresivo y direccionado. Imagen ilustrativa.

CONSULTA PÚBLICA

f) Troceo

El troceo se efectuará en el sitio utilizando herramientas semimecánicas (motosierras) y manuales, debiendo acarrear el material no utilizable a los bancos de desperdicio destinados para tal fin.

a) *Triturado de madera.* La madera deberá ser triturada y cuantificada. El volumen de madera triturada deberá registrarse en metros cúbicos, en el formato correspondiente. La madera triturada deberá utilizarse en las áreas de reforestación del proyecto.

b) *Donación.* La madera podrá ser donada a las comunidades o centros de investigación de los municipios de incidencia; los interesados deberán presentar el oficio de solicitud de donación de residuos vegetales. Asimismo, se deberá llevar una bitácora en la cual se registre el arbolado donado y la firma de entrega de este, supervisado por un ingeniero forestal que cuente con su registro forestal.



Figura I.41. Troceo y trituración del material derribado. Imagen ilustrativa.

e) Despalme

Esta actividad consiste en retirar de las áreas una capa superficial de suelo, en un rango de entre 0.10 y 0.20 m, donde se encuentran la mayoría de los nutrimentos para las plantas y se acumulan las semillas, para garantizar que las actividades por ejecutar se realicen sobre una capa libre de materiales que puedan contaminar los materiales de construcción.

Utilizando un tractor sobre orugas, se remueve el espesor de despalme del proyecto, que se acumula fuera de la zona de terraplén o corte para su retiro o arrope de los taludes, en caso de que el proyecto así lo indique. El material producto del despalme podrá ser acamellonado dentro del mismo derecho de vía, sin afectar la vegetación circundante, para su posterior uso en el arrope de taludes. Para efectuar esta labor se utilizará maquinaria pesada, dependiendo del tipo de terreno que se pretenda despalmar. Para el retiro de material fino que no fue posible remover con el tractor, se utilizarán retroexcavadoras para dar una limpieza final, aprovechando la versatilidad del tamaño del bote, que fácilmente entra en

CONSULTA PÚBLICA

oquedades pequeñas. Se harán montones ordenados dentro del ancho de la traza, en las áreas que convenga.

Posteriormente se construirán caminos de obra con material aceptable, que formarán parte de la capa de base del terraplén; esta capa deberá tener las dimensiones necesarias para el tránsito de dos camiones. El material que no cumpla con las características de calidad requeridas, o que se encuentre mezclado con otro material, podrá ser depositado en un sitio autorizado para su reutilización, ya sea en bancos de desperdicio o en rellenos sanitarios.



Figura I.42. Trituración del material y su utilización para arrope de taludes. Imagen ilustrativa.

I.8.1.4. Trabajos previos en estaciones y paraderos

Consideradas como parte de las obras que complementan al proyecto, las 2 estaciones y los 5 paraderos serán desplantados siguiendo parte de las acciones consideradas para la preparación del sitio y construcción.

De inicio se implementarán las actividades correspondientes a la preparación del predio y al trazo topográfico, y posteriormente el desmonte y despalme del terreno. Una vez que el terreno se encuentre libre, se realizará el relleno, la nivelación y la compactación correspondientes.

Una vez que inicie la construcción de la vía férrea, las estaciones y los paraderos, se procederá a identificar los espacios de desplante y la vegetación que resulte afectada por la ejecución de la obra. Terminadas las actividades de rescate de flora, se procederá al derribo del resto de la vegetación, mediante motosierras o tractores. La porción maderable será

CONSULTA PÚBLICA

donada para su aprovechamiento; una porción será fragmentada para la elaboración de composta, que será utilizada en las actividades de reforestación del proyecto; y el resto será destinado a usos de manejo adecuado, tales como su disposición dentro del propio derecho de vía para fungir como protector del suelo y evitar su erosión, su traslado a viveros cercanos, o su incorporación como abono vegetal en las áreas verdes de las estaciones y paraderos. El despalme consiste en la remoción del horizonte orgánico del suelo, en un rango de entre 30 y 50 cm superficiales, para lo cual se utilizará maquinaria del tipo motoconformadora, dependiendo del terreno que se pretenda despalmar.

Posteriormente se realizarán las excavaciones y la nivelación del terreno, mediante corte y terraplén, de acuerdo con las líneas y taludes del proyecto, permitiendo siempre el drenaje natural de los cauces intermitentes, temporales y permanentes identificados. Para su ejecución se requieren materiales adecuados para la conformación del cuerpo del terraplén; dichos materiales provendrán de los residuos generados por el despalme y/o de bancos de préstamo cercanos a la obra que cuenten con las autorizaciones ambientales vigentes y cumplan con las características y propiedades requeridas por el proyecto.

Una vez ejecutado el relleno en obra, se procederá a la nivelación requerida del terreno y, posteriormente, a su compactación, para alcanzar la estabilización óptima del suelo y evitar con ello futuras fracturas o hundimientos. Lo anterior se ejecutará con apoyo de maquinaria pesada y personal técnico y operativo, con mayor intensidad en aquellos tramos donde se conforme infraestructura completamente nueva.

Respecto a los cortes, estos consisten en las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes y, en su caso, en derrumbes, con el objeto de preparar y formar la sección de la obra de acuerdo con lo indicado en el proyecto. Dadas las condiciones topográficas predominantemente planas a ligeramente onduladas del corredor Irapuato-Guadalajara, se prevé que la ejecución de cortes sea una actividad de incidencia acotada respecto de los movimientos de terraplén; no obstante, en los tramos donde se abra nuevo derecho de vía sobre lomeríos (particularmente en la aproximación al Área Metropolitana de Guadalajara), será necesario realizar cortes con maquinaria para mantener los requerimientos de pendiente del proyecto.

Los cortes se ejecutarán conforme a las líneas del proyecto ejecutivo, sin alterar las áreas fuera de los límites de construcción indicados por las líneas de ceros del proyecto. Los taludes de corte tendrán la inclinación indicada en el proyecto, y se ejecutarán de manera que se permita el drenaje natural del corte. En caso de que los materiales de los taludes resulten fragmentados, o la superficie sea irregular o inestable, el material en estas condiciones será removido.

En todos los casos, salvo que se indique lo contrario, se utilizará maquinaria pesada (tractor o retroexcavadora) para la ejecución de los cortes, con el mayor cuidado posible conforme se aproximen al talud de proyecto, previendo mantener los frentes mecánicamente estables, evitar que se afloje el material de los taludes más allá de la superficie teórica establecida, reducir el agrietamiento y la fracturación, mejorar la estética general del talud mediante frentes lisos y uniformes, y evitar la sobreexcavación más allá del perfil de diseño del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA



I.8.2. Etapa de construcción

La etapa de construcción comprende la ejecución de las obras de terracerías, las obras de drenaje, la construcción de estructuras (puentes, pasos vehiculares y ferroviarios, pasos superiores e inferiores), la construcción de la vía férrea (conformación de la subrasante, colocación de balasto, durmientes y riel), así como las obras complementarias de señalización, telecomunicaciones y electrificación. Estas actividades se ejecutarán de manera simultánea en los distintos frentes de trabajo, conforme al programa de ejecución física y financiera del proyecto.

El proceso constructivo tipo de las obras de terracerías comprende los movimientos de tierras (cortes y terraplenes) necesarios para mantener las pendientes longitudinales dentro de los parámetros de diseño, la conformación del cuerpo del terraplén con material cuya granulometría y calidad cumplan la normativa de Infraestructura Terrestre de la SICT, y la colocación sucesiva de las capas de subrasante y sub-balasto, cada una con espesores y grados de compactación definidos en el proyecto ejecutivo (compactación mínima del 95% respecto a la prueba Proctor estándar, como referencia habitual en este tipo de obras).

Para el armado de la vía se realizan, de manera secuencial, labores topográficas de replanteo del eje y del derecho de vía; la recepción y compactación de la plataforma; el extendido de la cama de balasto; la colocación de los durmientes, dispuestos con sus ejes longitudinales perpendiculares al eje de la vía; y la colocación y embridado de los rieles, verificando en cada etapa el cumplimiento de las tolerancias geométricas establecidas en la normativa ferroviaria aplicable, hasta alcanzar la recepción geométrica de la vía previa a su puesta en servicio.

Los materiales pétreos requeridos para la conformación de las terracerías y de las capas de la vía se obtendrán de bancos de materiales que cuenten con las autorizaciones ambientales correspondientes. Asimismo, durante esta etapa se ejecutarán las obras de drenaje transversal, mediante la excavación para el desplante de la obra, la colocación de material granular de protección, el sellado de las juntas entre secciones y la conformación de los rellenos de aproche por capas compactadas, así como las obras de estructuras (puentes, pasos vehiculares y ferroviarios) conforme a los procedimientos constructivos típicos de este tipo de infraestructura.

En la fase de preparación del sitio y construcción del proyecto se consideran dos componentes principales de la vía férrea:

- Infraestructura: se compone de las capas de terraplén, subrasante y sub-balasto.
- Superestructura: se compone de las capas de balasto, rieles y durmientes.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se inducirán cierres parciales en las vialidades existentes, en caso de que estas representen un punto de conflicto de carácter social que pudiera propiciar una reducción sustancial en las condiciones de seguridad para el usuario.

CONSULTA PÚBLICA





I.8.2.1. Cortes y excavaciones

Los cortes se ejecutarán para alojar la sección ferroviaria cuando la rasante quede por debajo del terreno natural. Se atenderán la N-CTR-CAR-1-01-003/11, Cortes; la N-CTR-CAR-1-01-006/00, Afinamiento; y, para excavaciones de cimentaciones u otras estructuras, la N-CTR-CAR-1-01-007/11, Excavación para Estructuras.

El frente se excavará conforme a la geometría, a los taludes y a las bermas del proyecto. El material se clasificará durante la excavación para determinar su reutilización en terraplenes, rellenos, pedraplenes o en la protección de taludes. Su aprovechamiento estará condicionado al cumplimiento de las características granulométricas, mecánicas y de durabilidad exigidas; que un material provenga de un corte del propio Proyecto no significa que sea automáticamente apto.

En suelos, la excavación se realizará con equipo mecánico y, en roca, podrá utilizarse ripado, corte mecánico o, sólo cuando sea indispensable, voladura controlada. El uso de explosivos requerirá un proyecto de voladura, permisos, personal acreditado, polvorines autorizados, control de vibraciones y de proyecciones, aviso a los receptores y monitoreo de las estructuras próximas. No se considera la voladura como método general para el corredor.

Conforme avance el corte, se colocarán los sostenimientos, drenajes y protecciones previstos, evitando mantener taludes inestables expuestos durante periodos prolongados. En los cortes se deberá interceptar el agua superficial mediante contracunetas y desalojarla mediante bajantes o lavaderos hasta alcanzar una descarga estable. Cuando exista agua subterránea o presión de poro relevante, se instalarán subdrenes, drenes horizontales, geodrenes u otra solución definida en el estudio geotécnico.

I.8.2.2. Preparación del desplante de terraplenes

Antes de iniciar la colocación de los materiales que conformarán el terraplén, se preparará la superficie de desplante exclusivamente dentro del área previamente delimitada y liberada para la obra. Esta actividad comprenderá la inspección del terreno natural, el retiro de materiales orgánicos, sueltos, saturados, contaminados o con características inadecuadas, así como la eliminación de cualquier elemento que pueda afectar la estabilidad, la uniformidad o la capacidad de soporte del terraplén.

La capacidad portante del terreno se comprobará con base en los estudios geotécnicos y en las pruebas de campo o de laboratorio previstas en el proyecto. Cuando se identifiquen zonas con un comportamiento distinto del esperado, la colocación del terraplén se suspenderá localmente hasta definir el tratamiento correspondiente. No se cubrirán estratos blandos, cavidades, rellenos no controlados ni superficies saturadas sin que previamente sean evaluados y acondicionados.

Una vez retirados los materiales inadecuados, la superficie se escarificará hasta la profundidad indicada en el proyecto geotécnico, a fin de romper las capas endurecidas, favorecer la unión con el material de terraplén y obtener una base uniforme. Posteriormente se ajustará su contenido de humedad mediante humectación o aireación, según corresponda,

CONSULTA PÚBLICA





y se compactará hasta alcanzar las condiciones establecidas en el proyecto. Antes de continuar con la siguiente etapa, se verificará que la superficie presente la geometría, pendiente, humedad y grado de compactación requeridos, así como condiciones de drenaje adecuadas que eviten la acumulación de agua.

Cuando el terraplén se desplante sobre terreno natural inclinado, laderas, cortes o terraplenes existentes, se formarán escalones de liga de acuerdo con la N-CTR-CAR-1-01-004/11, Escalones de liga. Estos elementos se excavarán de manera progresiva, con dimensiones y geometría acordes con la pendiente del terreno, las características de los materiales y los análisis de estabilidad. Su finalidad será eliminar superficies continuas que puedan actuar como planos de deslizamiento, proporcionar apoyo horizontal al nuevo material y asegurar una adecuada trabazón entre el terreno o terraplén existente y la ampliación proyectada. Los materiales sueltos generados durante su formación se retirarán antes de colocar y compactar las nuevas capas.

Los huecos, depresiones, antiguas excavaciones, zanjas, cimentaciones retiradas y demás irregularidades localizadas en la superficie de desplante se limpiarán y rellenarán con material compatible con el terreno circundante. El relleno se colocará en capas de espesor controlado y se compactará hasta alcanzar condiciones similares a las exigidas para el resto de la cimentación, evitando la formación de puntos débiles o zonas susceptibles a asentamientos diferenciales. El material retirado que no sea apto para su reutilización será trasladado a los sitios autorizados para su manejo o disposición.

En terrenos blandos, expansivos, colapsables, saturados o con baja capacidad portante, podrán aplicarse medidas de mejoramiento, como la sustitución parcial o total del material, la precarga, la estabilización con cal, cemento u otro agente, la colocación de geosintéticos, la construcción de capas drenantes, la instalación de drenes verticales, el empleo de columnas de mejoramiento o de cimentaciones especiales. También podrá requerirse el control temporal del agua mediante drenaje, bombeo o desvíos provisionales, evitando colocar material de terraplén sobre una superficie inundada o excesivamente húmeda.

La selección y el dimensionamiento de estas soluciones no se establecerán de manera uniforme para todo el corredor, sino que dependerán de las condiciones geotécnicas de cada sitio, de la altura y la geometría del terraplén y de los análisis de capacidad de carga, de estabilidad y de asentamientos totales y diferenciales. Las soluciones definitivas se definirán en la ingeniería de detalle y se incorporarán al control constructivo y al seguimiento ambiental del Proyecto.

I.8.2.3. Construcción de terraplenes

El terraplén es la estructura de suelo o roca construida para elevar la rasante, formar la plataforma y distribuir las cargas sobre el terreno de cimentación. Se utilizará como referencia principal la N-CTR-CAR-1-01-009/16, Terraplenes, complementada con las normas de materiales N-CMT-1-01, Materiales para Terraplén; N-CMT-1-02, Materiales para Subyacente; y N-CMT-1-03, Materiales para Subrasante, así como con las especificaciones ferroviarias del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA





El procedimiento general será el siguiente:

A. Aceptación del desplante. Se comprobarán los límites, la elevación, la pendiente transversal, el drenaje y la capacidad de apoyo. No se cubrirán zonas con lodo, materia orgánica, agua estancada ni material suelto.

B. Selección del material. Cada fuente se caracterizará antes de utilizarla. Se controlarán la granulometría, los límites de consistencia, el contenido de materia orgánica, la expansión, el valor de soporte, la resistencia y demás propiedades establecidas. Los materiales no conformes se rechazarán o se tratarán conforme a un procedimiento previamente validado.

C. Tendido por capas. El material se colocará en capas aproximadamente horizontales y de espesor uniforme. El espesor suelto se ajustará a la capacidad real del equipo de compactación y se comprobará mediante un tramo de prueba; no se adoptará un espesor único para todos los suelos.

D. Acondicionamiento de humedad. Cada capa se humedecerá o aireará hasta alcanzar el intervalo que permita obtener la densidad y la respuesta mecánica exigidas. No se compactará material excesivamente seco, saturado, congelado o segregado.

E. Compactación. Se aplicarán el número de pasadas y tipo de rodillo definidos en el tramo de prueba. La compactación abarcará todo el ancho, incluidos los bordes y las zonas próximas a estructuras, empleando equipo de menor tamaño donde no pueda operar el rodillo principal.

F. Control geométrico y de calidad. Antes de colocar la capa siguiente, se verificarán el espesor, la elevación, la pendiente, la humedad, la densidad o el parámetro de desempeño y la uniformidad. Las zonas que no cumplan se escarificarán, se reacondicionarán y se compactarán nuevamente.

G. Conformación de niveles superiores. El cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la subrasante se construirán con materiales y niveles de control distintos. La subrasante deberá presentar mayor uniformidad y capacidad para limitar las deformaciones permanentes bajo el tránsito ferroviario.

H. Afinamiento y drenaje temporal. La superficie se mantendrá con una pendiente adecuada para evitar encharcamientos. Al cierre de cada jornada se perfilará el frente y se protegerán los bordes contra la erosión.

Los valores de compactación, módulo, capacidad de soporte, tolerancias y espesores serán los establecidos por la ingeniería geotécnica y la especificación ferroviaria de cada sección. La aceptación no deberá sustentarse exclusivamente en la densidad: para los niveles superiores podrán requerirse pruebas de placa, módulo de deformación, deflectometría, control continuo de la compactación u otros indicadores de desempeño.

Cuando predomine material pétreo de tamaño que impida la compactación convencional, podrán construirse pedraplenes o terraplenes de enrocamiento con suelo, atendiendo, respectivamente, a las N-CTR-CAR-1-01-019/23 y N-CTR-CAR-1-01-020/23. El tamaño máximo, el espesor de capa, la forma de acomodo, la transición hacia materiales finos y el sellado superficial deberán evitar vacíos excesivos y asentamientos posteriores.

CONSULTA PÚBLICA





I.8.2.4. Conformación de terraplenes. Soporte y transmisión de cargas. Cuerpo del terraplén

Los terraplenes son estructuras de material cuya granulometría no es superior a 150 mm, cuyo objetivo es nivelar las condiciones topográficas del terreno a lo largo del proyecto, para brindar las condiciones requeridas por el sistema ferroviario, así como establecer las condiciones geométricas adecuadas que ayuden a transmitir, distribuir y mitigar al subsuelo las presiones provenientes de las cargas transmitidas por el ferrocarril mixto (carga máxima en pasajeros 17.50 t y en carga 32.50 t).

I.8.2.5. Construcción del terraplén

Para la construcción de la estructura de tierra (terraplén) se requiere considerar:

- Las propiedades índice y mecánicas del material a colocar, siguiendo las recomendaciones establecidas en las especificaciones generales del proyecto ejecutivo.
- La topografía del sitio donde se desea construir el terraplén.
- Caminos de acceso con condiciones adecuadas para comunicar los puntos de trabajo, así como para proporcionar el material térreo necesario para alcanzar los niveles de proyecto
- Insumos requeridos para la conformación de la estructura térrea (agua, maquinaria, etc.).

En caso de que los materiales a colocar para la conformación de esta capa de infraestructura sea con materiales compactables, se deberá considerar el uso de motoconformadora (tendido y nivelación del material), equipo de compactación (vibrocompactador), pipa de agua y tractocamiones de volteo. Para la construcción de las capas se deberá tener en cuenta que el grado de compactación será de 95%.

Si el material a emplear no es compactable, se procederá a formar capas cuyo espesor no deberá ser inferior a 15 cm, empleando tractor de orugas con al menos 3 pasadas por punto de la superficie mediante un movimiento en zigzag, utilizando equipo tipo pipa para lubricar el material.

I.8.2.6. Diseño geométrico

El diseño geométrico de la línea férrea constituye la parte elemental del proyecto, ya que en él se contiene la adaptación del terreno natural a las limitaciones de las características de la maquinaria que circulará por la vía, de acuerdo con las especificaciones en vigor, en el que juegan un papel importante, entre otros factores, la velocidad, la visibilidad y la estabilidad.

El diseño geométrico del proyecto partirá de las características de la línea de pasajeros que se pretende construir, transporte de pasajeros con una velocidad máxima de 200 km/h y de carga de 80 km/h. Con base en esas premisas, se desarrolló el diseño geométrico

CONSULTA PÚBLICA





adaptándose a la realidad orográfica del terreno, radio mínimo de curvatura, curvas de transición, peralte máximos y mínimos, pendientes máximas admisibles, etc.

Se considera conveniente que el proyecto haga uso del mayor porcentaje de líneas rectas ligadas con curvas del mayor radio; que las pendientes sean lo menor posible y aplicadas en tramos de gran longitud; que al subir y bajar se limite a lo indispensable entre dos puntos obligados; que la suma de las deflexiones del trazo se reduzca al mínimo; y que las espirales sirvan para la transición del riel sobreelevado entre las curvas circulares y las tangentes, permitiendo contrarrestar la fuerza centrífuga y aprovechar al máximo el peso propio del tren.

I.8.2.7. Superestructura de vía

La superestructura de vía constituye el conjunto de elementos ferroviarios que recibe directamente las acciones producidas por el paso de los trenes y las transmite, de manera progresiva y distribuida, a las capas de apoyo y a la plataforma. Su funcionamiento debe entenderse como un sistema continuo: las ruedas transmiten las cargas a los rieles; éstos las distribuyen a través de las sujeciones y los durmientes; posteriormente, el balasto las reparte sobre el subbalasto, las capas de formación y la subrasante. Además de las cargas verticales debidas al peso de los vehículos, el sistema deberá resistir fuerzas laterales y longitudinales derivadas de la circulación en curva, del frenado, de la aceleración, de las variaciones de temperatura y de los efectos dinámicos asociados a la velocidad.

En los sectores con solución convencional sobre balasto, la superestructura estará integrada por rieles, soldaduras o juntas, durmientes, sistemas de sujeción, placas o apoyos elásticos cuando correspondan, balasto, aparatos de vía y elementos especiales. Cada componente cumplirá una función particular, pero su comportamiento dependerá de la correcta interacción con los demás elementos y de la conservación de la geometría de la vía.

Los rieles serán los elementos longitudinales de acero sobre los que se desplazarán las ruedas de los trenes. Su cabeza proporcionará la superficie de rodadura; el alma transmitirá los esfuerzos entre la cabeza y la base; y el patín distribuirá las cargas hacia los apoyos y permitirá su fijación a los durmientes. El perfil, la resistencia, la dureza y demás características del riel se determinarán considerando las cargas por eje, la compatibilidad con la velocidad máxima propuesta, las velocidades operativas aplicables por subtramo, el tonelaje acumulado, el tipo de servicio y las condiciones de operación previstas. Los tramos de riel se unirán mediante soldaduras o juntas. La utilización de riel soldado continuo permitirá reducir las discontinuidades en la superficie de rodadura, mejorar el comportamiento dinámico de los trenes y disminuir los impactos repetitivos asociados a las juntas mecánicas. Para ello deberán controlarse la alineación de los extremos, la calidad de la soldadura, el acabado del perfil y la temperatura de liberación o neutralización de esfuerzos, evitando que las variaciones térmicas produzcan esfuerzos excesivos o deformaciones laterales. Las juntas mecánicas o aisladas se conservarán donde sean necesarias por condiciones constructivas, operativas, de señalización, mantenimiento o transición entre componentes.

Los durmientes se dispondrán transversalmente respecto del eje de la vía y constituirán el elemento de apoyo inmediato de los rieles. Su función será mantener el escantillón, conservar la inclinación y la posición de los rieles, distribuir las cargas sobre una

CONSULTA PÚBLICA





superficie de balasto mayor y contribuir a la resistencia de la vía frente a desplazamientos longitudinales y laterales. Su material, dimensiones, separación y capacidad estructural se establecerán de acuerdo con el tipo de vía y las solicitaciones previstas. En zonas especiales, como aparatos de vía, puentes, patios o transiciones, podrán emplearse durmientes con dimensiones, separación o configuración particular.

Los sistemas de sujeción fijarán los rieles a los durmientes y mantendrán su posición bajo las cargas repetidas de los trenes. Estos sistemas podrán incluir grapas o sujetadores elásticos, tornillos, insertos, aisladores, placas de asiento y almohadillas. Además de mantener el escantillón y evitar desplazamientos del riel, las sujeciones transmitirán las fuerzas verticales, laterales y longitudinales hacia los durmientes, proporcionarán elasticidad al conjunto, disminuirán las concentraciones de esfuerzo y, cuando corresponda, asegurarán el aislamiento eléctrico requerido por los sistemas de señalización y control.

El balasto será el material pétreo triturado y graduado colocado debajo, entre y alrededor de los durmientes. Su estructura granular permitirá distribuir las cargas a las capas inferiores, proporcionar un apoyo uniforme, confinar los durmientes y favorecer el drenaje del agua fuera de la vía. Los hombros de balasto ubicados en los extremos de los durmientes contribuirán de manera importante a la estabilidad lateral, mientras que el material dispuesto entre ellos limitará los desplazamientos longitudinales de los durmientes.

Para conservar estas funciones, el balasto deberá presentar resistencia al desgaste, al impacto y al intemperismo, así como partículas con forma y granulometría adecuadas. No se emplearán materiales con exceso de finos, partículas blandas, materia orgánica u otras sustancias que reduzcan los vacíos o afecten el drenaje. Su colocación se realizará evitando la segregación y la mezcla con los materiales de las capas inferiores. El espesor bajo durmiente, la anchura de los hombros, la pendiente lateral y la sección de la banqueta se determinarán para cada configuración de vía.

Los aparatos de vía comprenderán los dispositivos que permitan el cambio, cruce, conexión o terminación de las vías, como cambios, escapes, cruzamientos, desviaciones y demás elementos requeridos por el esquema ferroviario. Estos componentes deberán conducir las ruedas de manera segura a lo largo de distintos itinerarios, manteniendo la continuidad geométrica y estructural de la vía. Debido a la concentración de esfuerzos y a la presencia de piezas móviles o geometrías especiales, su instalación exigirá un control preciso del escantillón, de la alineación, del nivel, de las fijaciones, de los accionamientos y de los sistemas de seguridad.

En las aproximaciones a puentes, viaductos, túneles, estaciones, patios y demás sectores donde cambien las condiciones de apoyo, se incorporarán elementos de transición que permitan variar gradualmente la rigidez de la vía. Estas zonas podrán incluir durmientes especiales, cambios en la separación de apoyos, capas de transición, placas elásticas, dispositivos de dilatación u otras soluciones destinadas a evitar escalonamientos, impactos dinámicos y asentamientos diferenciales.

Cuando las condiciones estructurales, operativas o de mantenimiento lo requieran, podrá utilizarse la vía sobre placa u otra configuración especial. En esta solución, los rieles se apoyan y fijan sobre una estructura rígida, generalmente de concreto, en sustitución total o

CONSULTA PÚBLICA





parcial del balasto. La precisión geométrica, las sujeciones resilientes, el drenaje y las transiciones con la vía sobre balasto serán aspectos esenciales, ya que las correcciones posteriores de nivel y alineación resultan más limitadas. Su empleo podrá considerarse en puentes, túneles, estaciones, patios, instalaciones de mantenimiento u otros sitios donde la ingeniería demuestre su conveniencia.

El Proyecto considera un escantillón estándar de 1,435 mm, entendido como la separación establecida entre las caras interiores de los rieles. Esta dimensión deberá mantenerse dentro de las tolerancias aplicables durante la construcción, las pruebas y la operación. Sin embargo, el control geométrico de la vía no se limitará al escantillón; también comprenderá la alineación horizontal, el perfil longitudinal, la nivelación transversal, el peralte en curvas, las transiciones entre alineamientos y la variación relativa de nivel entre puntos consecutivos. La NOM-003-ARTF-2023 reconoce el escantillón estándar de 1,435 mm y establece criterios para la clasificación y las especificaciones de seguridad de la vía.

La cantidad y la configuración de las vías principales, secundarias y auxiliares se establecerán por subtramo de acuerdo con el esquema operativo. Las vías principales atenderán la circulación regular de los trenes, mientras que las auxiliares permitirán realizar rebases, cruzamientos, estacionamiento temporal, maniobras, acceso a estaciones, conexión con patios e ingreso a instalaciones ferroviarias. Esta diferenciación funcional también determinará las características de los aparatos de vía, las velocidades de paso, las longitudes útiles y los sistemas de señalización correspondientes.

La separación entre ejes de vías paralelas se determinará considerando el gálibo ferroviario, entendido como el espacio que debe mantenerse libre alrededor de los vehículos para permitir su circulación segura. Para establecer dicha separación se tomarán en cuenta las dimensiones estáticas y los movimientos dinámicos de los trenes, el efecto de las curvas y peraltes, la velocidad, las tolerancias de vía, las cargas transportadas, los postes o instalaciones laterales, las necesidades de inspección y mantenimiento, así como las condiciones de evacuación y de seguridad del personal.

La coexistencia del servicio de pasajeros con el transporte ferroviario de carga se resolverá conforme al esquema operativo de cada subtramo. Esta coexistencia podrá presentarse por vías independientes, por vías paralelas dentro del mismo corredor, por conexiones controladas o por la utilización compatible de determinados segmentos. Por tanto, no deberá interpretarse que ambos servicios compartirán necesariamente la misma vía durante todo el Proyecto.

En los sectores en los que una misma infraestructura atienda distintos tipos de trenes, la superestructura se diseñará considerando la combinación de solicitaciones más exigente. En términos generales, los trenes de carga pueden soportar mayores cargas por eje y esfuerzos acumulados, mientras que los trenes de pasajeros de mayor velocidad requieren controles más estrictos de la geometría, la regularidad, la estabilidad y el comportamiento dinámico. La selección de los componentes deberá satisfacer conjuntamente estas condiciones y mantener la compatibilidad con el gálibo, la señalización, la operación y el mantenimiento del corredor.

CONSULTA PÚBLICA





La construcción de la vía sobre balasto comprenderá, de manera general, la comprobación de las capas de apoyo; colocación inicial del balasto; distribución y posicionamiento de durmientes; tendido de rieles; ejecución de soldaduras o juntas; instalación de sujeciones; alineación y nivelación preliminar; incorporación del balasto complementario; bateo, perfilado y estabilización; y ajuste final de la geometría. Estas actividades podrán efectuarse mediante equipos ferroviarios especializados y procedimientos mecanizados, de acuerdo con la accesibilidad y el programa de cada frente.

La recepción de la superestructura incluirá la verificación documental y física de los materiales, la inspección de soldaduras y juntas, la comprobación del apriete y del funcionamiento de las sujeciones, el control de la posición de los durmientes y la revisión de la sección del balasto. Asimismo, se medirán el escantillón, la alineación, el nivel, el peralte, las transiciones y los parámetros geométricos aplicables. Los aparatos de vía serán objeto de comprobaciones específicas antes de habilitarse para la circulación.

a) Capa de subrasante

La subrasante consiste en una capa de material controlado que debe cumplir con las características índice y mecánicas establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en materia de Calidad de Materiales de la NIT-SICT y en las especificaciones generales del proyecto ejecutivo.

El espesor de la capa de subrasante a conformar a lo largo del proyecto será de 0.40 m; su construcción deberá garantizar un comportamiento adecuado para la transferencia de cargas de la plataforma de vía hacia el terraplén.

b) Sub-balasto

Como parte de las capas por construir dentro del cuerpo de la infraestructura férrea, se requiere la colocación de una capa de material controlado que contribuya a la absorción de las fuerzas de tensión desarrolladas en la capa de balasto.

La capa de sub-balasto tendrá un espesor de 0.30 m, y su material deberá provenir de banco, cumpliendo con la calidad establecida en el proyecto ejecutivo. Para la colocación de la última capa de infraestructura férrea se requiere considerar:

- Material procedente de banco de préstamo.
- Humectación, extendido y compactación de cada tongada.
- Detallado (refino) de la superficie producto de la última tongada.
- Ejecución de tramos ensayados.

c) Balasto

Para la primera capa de superestructura se colocará una cama de grava sobre la superficie del sub-balasto, con el fin de transmitir las cargas generadas por el tránsito del material rodante, cumpliendo con la calidad de material especificada en el proyecto ejecutivo. La capa deberá tener como mínimo 30 cm por debajo de los durmientes; su geometría, taludes,

CONSULTA PÚBLICA





sobreanchos y niveles seguirán lo estipulado en el proyecto. Entre sus principales funciones se encuentran:

- Recibir las cargas transmitidas por los durmientes y distribuirlas de manera uniforme a las capas inferiores.
- Estabilizar de manera vertical, longitudinal y lateral la vía por construir.
- Permitir un amortiguamiento del tipo elástico ante las acciones del equipo rodante.
- Facilitar el drenaje del agua de lluvia debido a su alta permeabilidad.
- Ser una capa que permite recargar el material para recuperar la geometría proyectada en sentido vertical y horizontal.

Para la colocación de la primera capa de superestructura férrea se requiere considerar:

- Material procedente de banco de préstamo.
- Humectación, extendido y compactación de cada tongada.
- Detallado (refino) de la superficie producto de la última tongada.
- Ejecución de tramos ensayados.

d) Formación de pedraplén

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de materiales pétreos idóneos, procedentes de excavaciones en roca o de bancos, en aquellas zonas donde, por las características del terreno natural, se requiera mejorar las condiciones de desplante y el nivel de apoyo de la plataforma ferroviaria, empleando materiales de mayores dimensiones y descartando rellenos tipo terraplén con presencia de finos. Incluye las operaciones siguientes:

- Preparación de la superficie de asiento del pedraplén (saneo, escarificado, compactación, etc.).
- Drenaje del cimiento si fuera necesario.
- Precauciones especiales a tener en cuenta en la excavación, carga y transporte del material pétreo idóneo.
- Extensión y compactación del material en tongadas.
- Los ensayos necesarios para la aceptación de las tongadas.

Los materiales para pedraplenes serán productos pétreos procedentes de la excavación de la explanación y/o de bancos, siempre que se trate de rocas sanas que cumplan condiciones de estabilidad ante el intemperismo y de durabilidad, conforme a lo establecido en el proyecto ejecutivo. Además, deberán cumplir con las siguientes restricciones granulométricas de referencia: tamaño máximo comprendido entre 100 mm y 900 mm; no más del 30% de partículas que pasen la malla 20 mm, no más del 10% de material que pase la malla de 0.080 mm

CONSULTA PÚBLICA



e) Base de terraplén

Consiste en la extensión y acomodo de materiales procedentes de bancos de préstamo o de cortes, para la construcción de rellenos, formados por fragmentos de roca de tamaño entre 750 mm y finos. Antes de colocar la primera capa de base de terraplén se realizarán los escalones de liga donde el proyecto ejecutivo lo indique; el producto de excavación se aprovechará como capa inicial, tendida y bandeada con tractor sobre oruga de 36 t como mínimo (si la pendiente del terreno es mayor al 25%, se ejecutará el escalón de liga correspondiente).

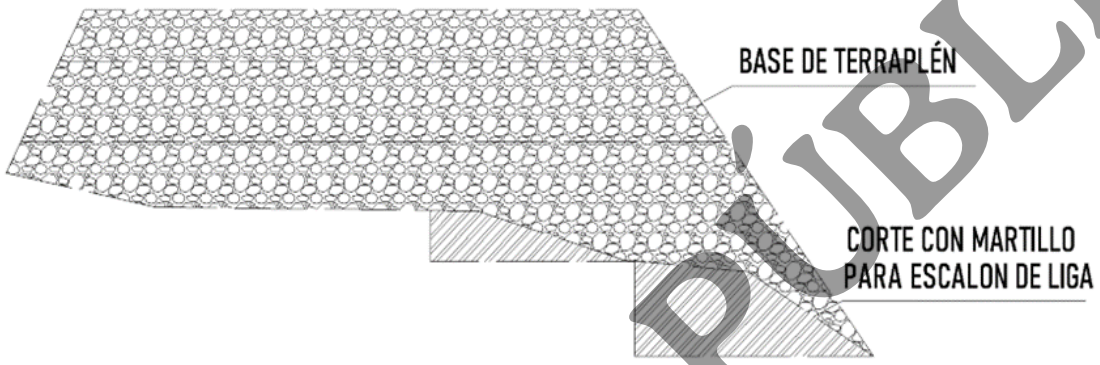


Figura I.43. Perfil de base de terraplén. Si la pendiente del terreno es mayor a 25% se hará el escalón de liga. Elaboración propia.

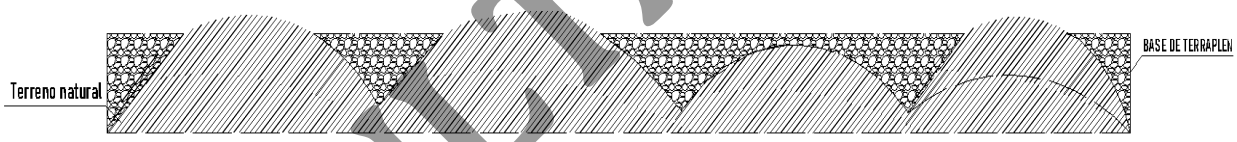


Figura I.44. Imagen representativa de base de terraplén. Elaboración propia.

Es necesario contemplar equipo para la nivelación del piso en zonas irregulares, previa apertura del camino de servicio correspondiente. La distancia máxima longitudinal de tendido será la necesaria para que el tractor tenga tiempo suficiente de dar reversa e iniciar otra capa, considerando que cada capa se termine 20 m antes para conformar una rampa y continuar el siguiente tramo; los tramos de construcción no deberán tener una longitud mayor a 500 m. En caso de presentarse oquedades, se rellenarán con materiales o rocas de tamaño máximo de 3".

CONSULTA PÚBLICA

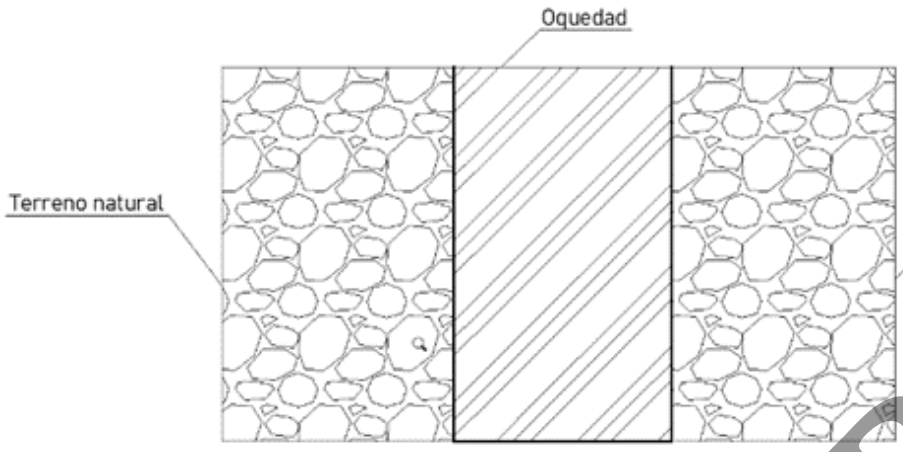


Figura I.45. Relleno de oquedades, imagen representativa. Elaboración propia.

Dadas las condiciones del terreno natural del corredor, se contempla como alternativa picar y/o volar los bordes del terreno, de manera que el material producto de excavación se utilice para rellenar aquellas zonas donde el perfil cambia a negativo respecto de la línea de nivelación (corte y terraplén); en caso de que el volumen de corte sea mayor al de la base de terraplén, este podrá triturarse para conformar la primera capa de terraplén compactado. Este proceso podrá realizarse mediante martillo hidráulico montado en excavadora, desgarrador montado en excavadora, o barrenos de al menos 1 m de profundidad.

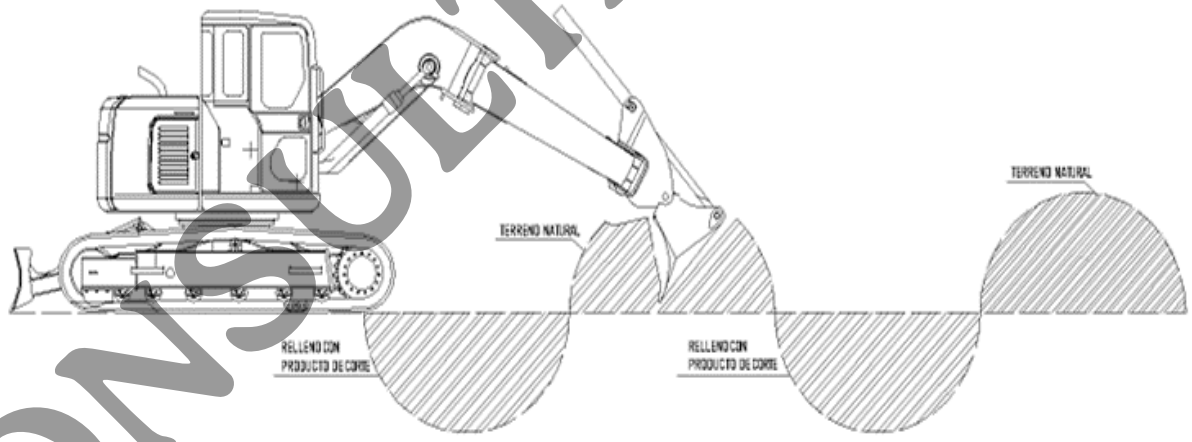


Figura I.46. Corte y terraplén, imagen representativa. Elaboración propia.

f) Conformación de terraplén compactable

Concluida la colocación del material de base de terraplén, se procede a colocar el material compactable proveniente de banco de préstamo, tendido y homogenizado con tractor, considerando un tamaño máximo de partícula de referencia de 8". Tras la

CONSULTA PÚBLICA

homogenización y el tendido, se afinará la parte superior de cada capa con motoconformadora, de manera que el vibrocompactador tenga contacto uniforme con la capa, alcanzando el 95% de su grado de compactación.

Se trabajará por mitades del ancho de sección, de manera que la mitad no compactada sirva de rodamiento para el acarreo de material hacia la siguiente sección, repitiendo el procedimiento en cada capa hasta alcanzar el nivel de proyecto establecido.

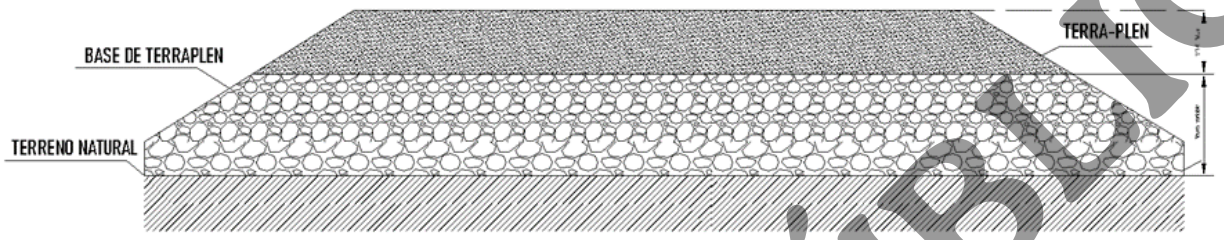


Figura I.47. Conformación de terraplén, imagen representativa. Elaboración propia.

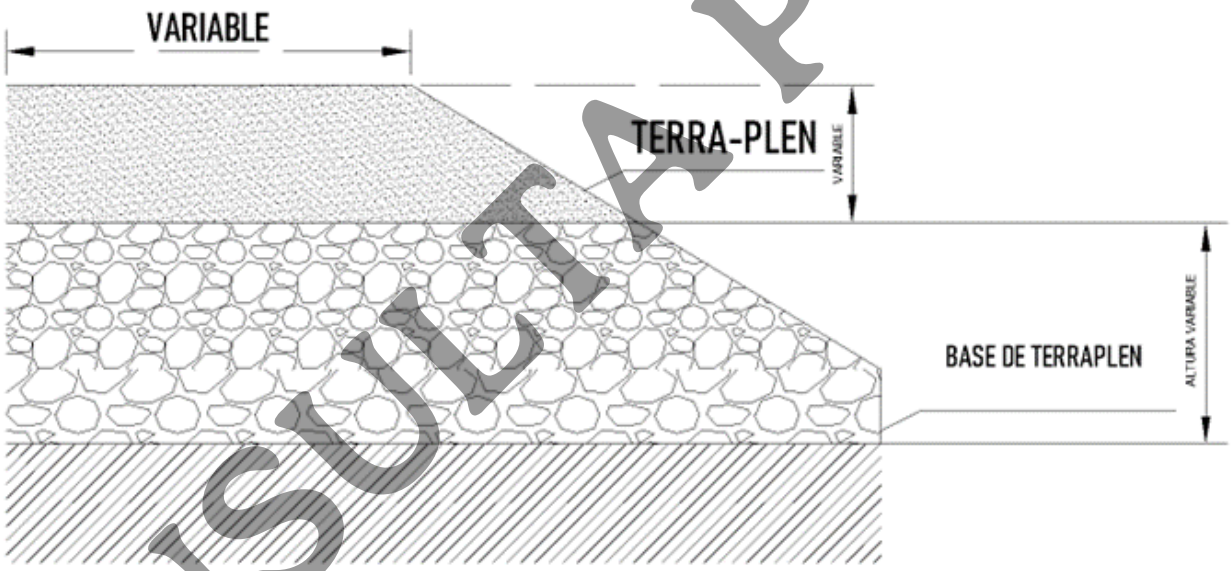


Figura I.48. Perfil lateral de terraplén, imagen representativa. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

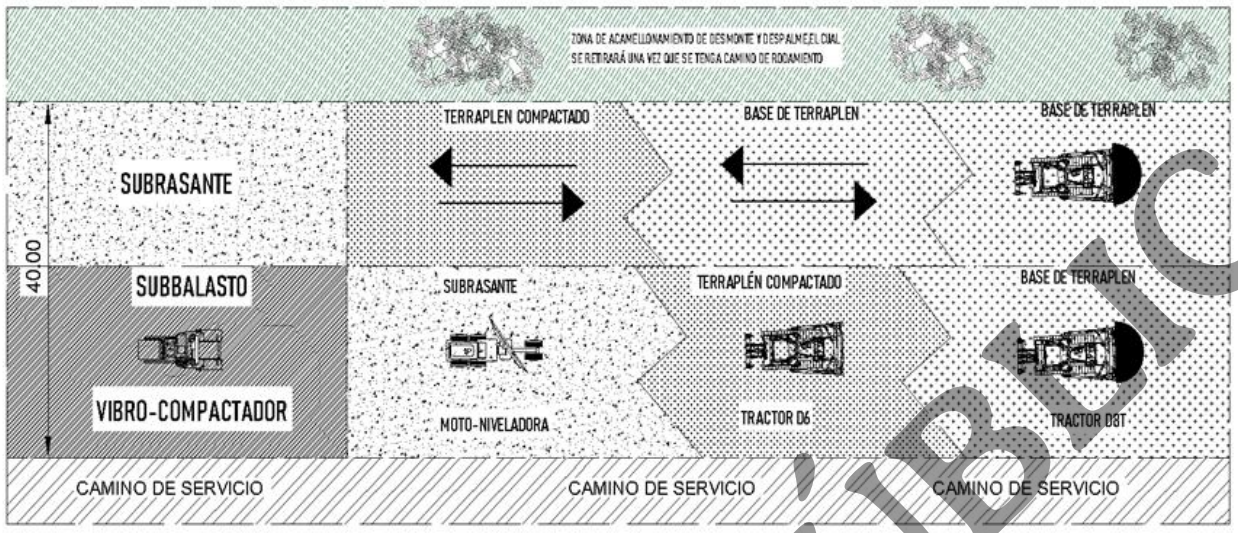


Figura I.49. Conformación de terraplén, vista en planta, imagen representativa. Elaboración propia.

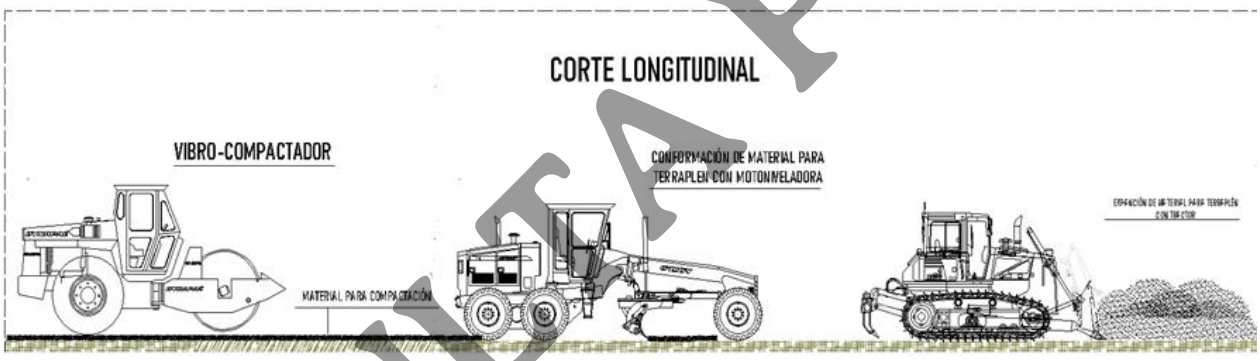


Figura I.50. Conformación de terraplén, corte longitudinal, imagen representativa. Elaboración propia.

g) Construcción de subrasante

Al completar la geometría establecida en las especificaciones generales del proyecto ejecutivo, se procederá a la conformación de la capa de subrasante, considerando los espesores, calidades de material y porcentajes de compactación que este determine. La capa subrasante se construirá sobre el terraplén con un espesor de 0.40 m, extendiéndose y preparándose hasta alcanzar la homogeneidad en granulometría y humedad, y compactándose hasta alcanzar el 100% de su peso volumétrico seco máximo, determinado mediante la prueba AASHTO Estándar, en capas de 20 cm de espesor o lo que indique el proyecto ejecutivo, siguiendo el mismo procedimiento de avance por mitades de sección descrito para el terraplén compactable.

CONSULTA PÚBLICA

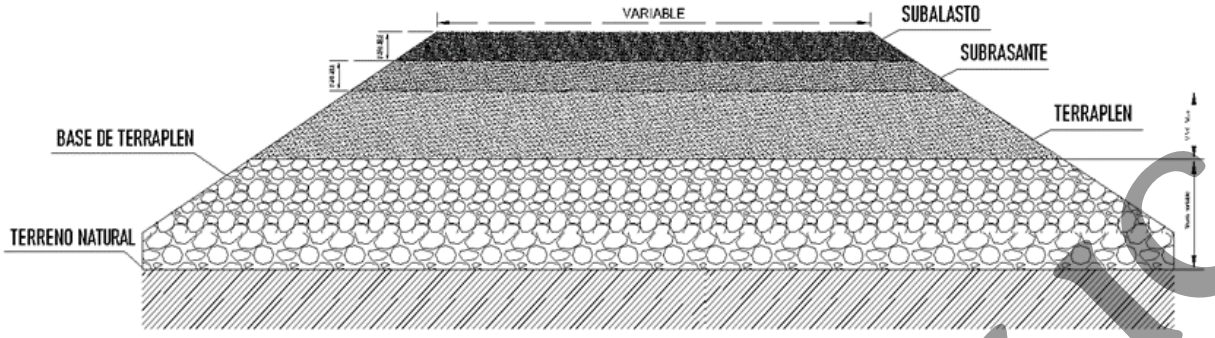


Figura I.51. Construcción de subrasante, imagen representativa. Elaboración propia.

Para poder tener rodamiento de camiones de acarreo, se hará el mismo procedimiento que el terraplén compactable, colocando la media sección y luego la otra sección.

h) Construcción de sub-balasto.

La capa de sub-balasto, que contribuye a la transmisión de cargas de la vía férrea, se extenderá y compactará hasta alcanzar el ancho y el espesor que indique el proyecto ejecutivo. El proceso de colocación podrá realizarse mediante motoconformadora, en dos capas de 20 cm cada una, o mediante extendedora con el material previamente homogenizado, para su posterior compactación conforme a lo establecido en el proyecto ejecutivo.

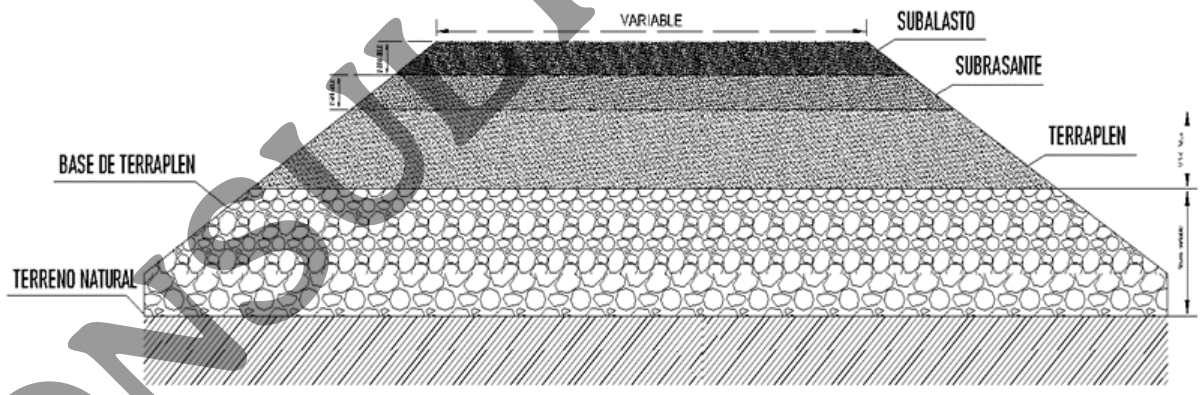


Figura I.52. Construcción de sub-balasto, imagen representativa. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Figura I.53. Corte longitudinal para conformación de sub-balasto. Opción 1. Elaboración propia.



Figura I.54. Corte longitudinal para conformación de sub-balasto. Opción 2. Elaboración propia.

i) Armado de vía férrea

El proceso de armado es secuencial y está compuesto por una serie de actividades con etapas de control determinadas, para asegurar la calidad intermedia y final de la vía. En cada estado de control se comprobarán los parámetros correspondientes con sus respectivas tolerancias; la supervisión de obra será informada y consultada para continuar con las siguientes actividades.

Los estados geométricos de la vía (estados de control geométricos y de calidad) son los siguientes:

CONSULTA PÚBLICA



- Plataforma recepcionada.
- Cama de balasto.
- Vía en escalera.
- Vía en estado de 1ª nivelación.
- Vía en estado de 2ª nivelación.
- Recepción geométrica de la vía.
- Puesta en servicio (fuera del alcance del proceso constructivo).

j) Distribución de materiales a lo largo de la traza

Los materiales se distribuyen desde los centros de acopio instalados dentro del campamento de obra hacia los puntos de distribución dentro del derecho de vía, junto a la posición final de la vía, revisándose previamente su buen estado. La distribución de durmientes se realiza con equipos de carga, descarga y vehículos de plataforma, apoyándose sobre calzas de madera para evitar daños. Los equipos empleados para el reparto de rieles y aparatos de vía son montacargas y vehículos de plataforma.

k) Ejecución de barra larga provisional

Sobre la plataforma, con los rieles repartidos en grupos a lo largo de la traza, se montan bases móviles de soldadura eléctrica (sistemas de rodillos, apoyos y camión bivial con cabezal de soldadura), con las que se conforma la barra larga provisional (longitudes entre 150 y 1,200 m), con apoyo de excavadoras biviales, speed swings o equipo similar. La barra avanza por los rodillos hasta su longitud definitiva y se acomoda por parejas a ambos lados de la traza; concluido el proceso, el equipo se traslada al siguiente punto de soldadura.

l) Extendido de la cama de balasto

La superficie de la cama de balasto será horizontal (sin peralte en curvas) y se extenderá por vías independientes. De no emplearse extendedora con maestra vibrante, se compactará con rodillos de carga estática de 5 t. Se rebajará el lecho de balasto en el eje de la vía para evitar que las durmientes se apoyen en su zona central.

El espesor de la cama de balasto se definirá en las especificaciones particulares del proyecto ejecutivo, de manera que asegure su correcto compactado; como referencia de este tipo de proyectos, suele oscilar en torno a 180 (-0/+20) mm en vía sobre plataforma genérica, pudiendo incrementarse en viaductos.

Tabla I.27. Tolerancias permisibles en la cama de balasto (valores de referencia, sujetos a confirmación en el proyecto ejecutivo). Elaboración propia.

Parámetro	Especificación de referencia
Frecuencia de medición de tolerancias de la capa	cada 50 m
Punto de medición del espesor de balasto bajo durmiente	eje de plataforma
Tolerancia del espesor de la cama de balasto	180 (-0/+20) mm
Tolerancia del ancho de la cama de balasto (vía única)	± 100 mm
Tolerancia de las dimensiones del rebaje central (ancho)	70 ± 10 cm

CONSULTA PÚBLICA





m) Colocación de los durmientes sobre la cama de balasto

Los durmientes se disponen con sus ejes longitudinales perpendiculares al eje de la vía, distanciados 600 mm entre sí, sin apoyar en su parte central sobre el lecho de balasto. Su montaje y colocación se realiza con grúas o retroexcavadoras (o de forma manual cuando sea necesario), manipulándolos con útiles de amarre exterior o interior, nunca con los elementos de sujeción del riel. Los durmientes de los aparatos de vía se posicionan cada 500 mm conforme a especificación del proveedor.

Tras la colocación de los durmientes se conforma la vía mediante la colocación y embridado de los rieles y el apretado provisional de las fijaciones, ajustando las bridas al centro del cajón del durmiente mediante útiles de alineación y nivelación, y realizando el apretado provisional con moto-clavadora hidráulica. Se revisará el estado de todos los durmientes y elementos de sujeción antes del aporte de balasto, corrigiendo defectos de posicionamiento y sustituyendo los que no se encuentren en buen estado. Tras finalizar el posicionamiento de los elementos que conforman la vía en escalera, se realizará un control geométrico de la vía, verificando la correcta posición de los rieles y durmientes, según las tolerancias mostradas en la tabla siguiente.

Tabla I.28. Tolerancias permisibles en durmientes y vía en escalera (valores de referencia). Elaboración propia.

Elemento	Parámetro	Especificación
Posición de durmientes	Alineación en planta respecto a posición teórica	± 30 mm
	Distancia entre ejes del durmiente	600 ± 20 mm
	Distancia entre 6 durmientes consecutivos	3,000 ± 30 mm
	Descuadre respecto a la perpendicular de los rieles	± 10 mm
Vía en escalera	Escantillón de vía	+4/-2 mm
	Centrado de junta de rieles en el cajón del durmiente	± 30 mm

n) Levantes (riego y bateo) y estabilizado del balasto

Tras el ensamblado de la vía, se realizan descargas sucesivas de balasto (mediante vagones tolva) que se perfilan y batean (levantes) y posteriormente se estabilizan hasta alcanzar el estado de recepción geométrico definitivo. La maquinaria empleada para la primera nivelación comprende bateadora o multicalzadora, perfiladora con tolva y estabilizador dinámico; para la segunda nivelación se añade amolado y tren esmerilado. El espesor máximo de cada levante no podrá superar los 50 mm, y el hombro de balasto final será de 40 cm con inclinación 3H:2V.

CONSULTA PÚBLICA





Tabla I.29. Plan de levantes propuesto (valores de referencia, sujetos al proyecto ejecutivo). Elaboración propia.

Estado de control	Actividad	Espesor de capa (mm)	Diferencia con cota de hongo de riel (mm)
1ª capa de balasto	Cama de balasto (vía en escalera)	180	-120
1ª nivelación	1er levante	50	-70
	2° levante	50	-20
2ª nivelación	1er estabilizado (sin control de asentamientos)	-30	-50
	3er levante	35	-15
	4° levante	20	3
Recepción geométrica	2° estabilizado (con control de asentamientos)	-3	0

Tras la finalización de cada una de las etapas (1ª nivelación, 2ª nivelación, estado previo de recepción), se debe llevar a cabo un control dimensional, cumpliendo las tolerancias de referencia que se presentan a continuación.

Tabla I.30. Tolerancias (en mm) de los diferentes estados de vía (valores de referencia, sujetos al proyecto ejecutivo). Elaboración propia.

Parámetro	1ª nivelación (real vs. teórico)	1ª nivelación (variación c/5 m)	2ª nivelación (real vs. teórico)	2ª nivelación (variación c/5 m)	Recepción geométrica (real vs. teórico)	Recepción geométrica (variación c/5 m)
Escantillón de vía	+4/-2	2	+4/-2	2	± 2	2
Nivelación longitudinal (cota en alzado) cada 5 m	+20/-30	10	+3/-10	6	+0/-10	3
Alineación en planta cada 5 m	±30	-	±12	-	±10	-
Alineación (flechado con cuerda de 20 m cada 5 m)	+4/-2	3	En recta: 2 / En curva: 3	En recta: 2 / En curva: 3	±2	2
Nivelación transversal / sobreelevación cada 5 m	± 10	6	± 8	6	± 2	2
Sobreelevación	1/3 del definitivo	-	Sobreelevación definitiva	-	Sobreelevación definitiva	-
Alabeo (referido a base de 3 m, empate)	-	-	-	-	-3/+3	-
Inclinación de riel (respecto al plano de rodadura)	-	-	-	-	-0.5/+0.5	1

o) *Soldaduras*

La soldadura de los rieles en su posición definitiva no podrá realizarse antes del primer levante. La barra larga unitaria se conforma soldando eléctricamente las uniones embridadas de la barra larga provisional, respetando longitudes mínimas de cupón de 6 m. Las uniones soldadas no se ejecutarán cuatrapeadas, sino haciendo coincidir las uniones soldadas de ambos rieles en la misma sección transversal.

CONSULTA PÚBLICA



p) ***Colocación de riel a temperatura neutra.***

El procedimiento de neutralización de tensiones se realizará conforme a la especificación de soldaduras y neutralización aplicable al proyecto ejecutivo.

q) ***Esmerilado preventivo del riel.***

Se realizará tras el último estabilizado de la vía.



Figura I.55. Reparto de rieles y durmientes del Proyecto (1). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

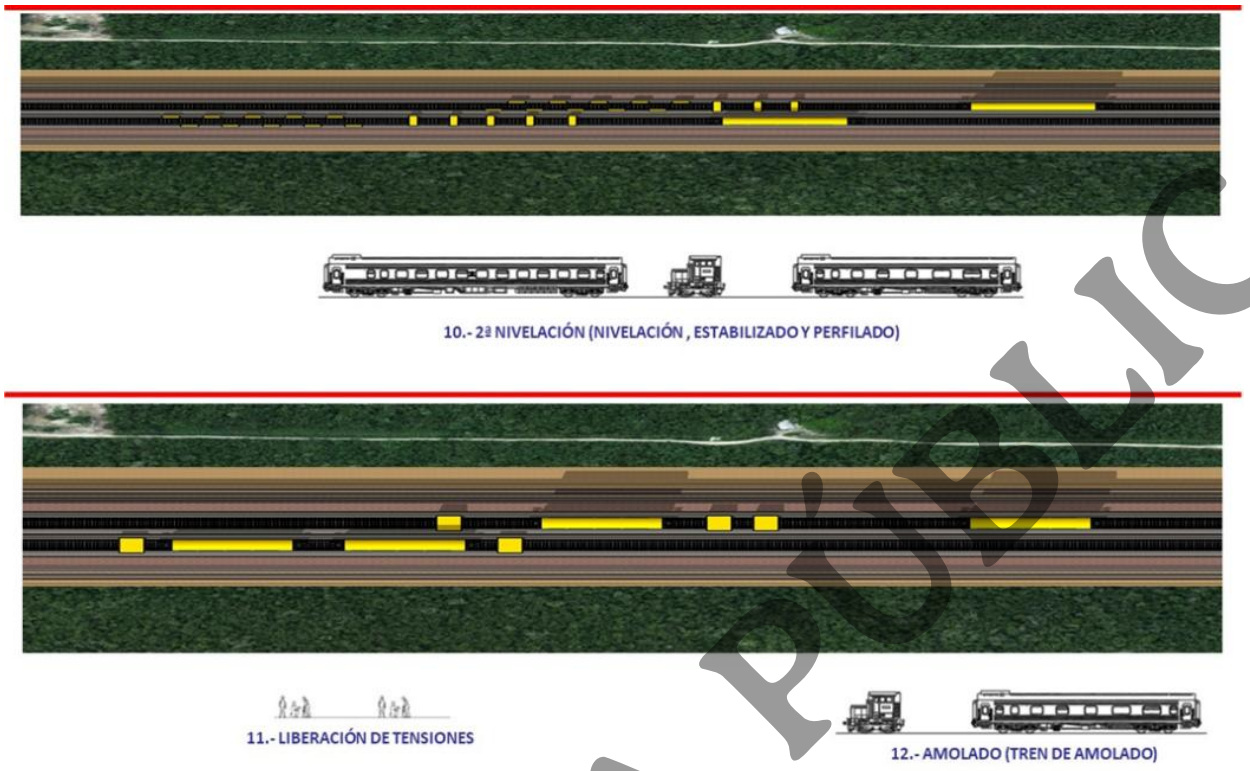


Figura I.56. Reparto de rieles y durmientes del Proyecto (2). Elaboración propia.

I.8.2.8. Sistema de electrificación – Montaje de la línea aérea de contacto (catenaria)

Las principales tareas de montaje de la línea aérea de contacto se listan a continuación:

a) Replanteo y piquetaje de cimentaciones en campo. Consiste en llevar a cabo el levantamiento topográfico para marcar las ubicaciones de las cimentaciones y anclajes de los postes de acuerdo con los cálculos mecánicos del proyecto ejecutivo.

b) Construcción de macizos de cimentación. Excavación por medios mecánicos de los fosos que alojarán los macizos, hincado de las picas o varillas de tierra y la conexión de un cable aislado, cuyo otro extremo será conectado al poste; posteriormente se colocan encofrados y su hormigonado.

c) Montaje de anclajes en viaducto o losa pilotada. Se refiere a la instalación y nivelación de anclas para postes, en solución pasante o solidaria con el armado de losa prefabricada para ser hormigonada por el contratista de la obra civil.

d) Instalación de postes. Consiste en la selección del tipo de poste para cada aplicación, su transporte, izaje por medios mecánicos y aplome o nivelación de cada poste, así como la conexión de la puesta a tierra.

e) Montaje de bulones de medición. Se refiere a la instalación de bulones en cada poste, los cuales servirán como referencia topográfica para realizar el cálculo mediante software de las ménsulas.

CONSULTA PÚBLICA



f) Vestido de postes. En esta operación se colocan los herrajes auxiliares en cada poste, de acuerdo con su aplicación: dinteles, conjuntos de giro, silletas de feeder, tirantes de anclaje, herrajes de anclaje y suspensión, entre otros.

g) Montaje de feeder y cable de tierra aérea. Consiste en la colocación de poleas para el tendido de los cables de aluminio, controlado por dinamómetro, su fijación a los aisladores o grapas correspondientes, la elaboración de colas de anclaje y su fijación definitiva al poste.

h) Montaje y regulación de equipos de compensación. En esta fase se instalan en los postes de inicio y fin de cantón las poleas y contrapesos que habrán de tensar la catenaria. Una vez tendidos los cables de catenaria, se procede a su ajuste y nivelación de altura.

i) Construcción y montaje de ménsulas. Con los datos topográficos de cada poste, la longitud del cantón y el nivel rasante de la vía (PMR), se alimenta el software que calcula la geometría de cada ménsula del cantón; en taller se procede al corte y roscado de los tubos de aluminio, el montaje de articulaciones, brazos de atirantado y aisladores, marcándose debidamente para su instalación en el poste correspondiente.

j) Tendido de sustentador e hilo de contacto. Requiere que la vía se encuentre instalada, al menos en primera nivelación. Colocados los tirantes, equipos de compensación y ménsulas, se confeccionan las colas de anclaje, se cargan las bobinas de hilo sustentador e hilo de contacto y, mediante tren de tendido, se tienden a velocidad controlada; el cable se deja reposar al menos 24 horas antes de su fijación definitiva en cada ménsula y brazo de atirantado.

k) Fabricación y montaje de péndolas. Con los datos topográficos, la longitud del cantón, el nivel rasante de la vía y la geometría de cada ménsula se calcula mediante software la longitud de cada péndola; en taller se cortan los cables, se colocan manguitos, guardacabos y terminales, y se instalan en campo con castillete autónomo, dresina o camioncillo bimodal.

l) Montaje de aisladores de sección. Una vez tendida la catenaria y con la vía en segunda nivelación, se procede a su seccionamiento en paquetes eléctricos conforme al proyecto ejecutivo, mediante el corte del hilo sustentador y del hilo de contacto y el montaje de una barra aislante, nivelando longitudinal y transversalmente los patines del aislador de sección.

m) Instalación de puestas a tierra. Una vez tendido el hilo guarda o cable de retorno aéreo, se ejecuta una bajada en cable de aluminio, conectada en un extremo al hilo guarda y en el otro a la puesta a tierra del poste.

n) Ajuste y nivelación de catenaria. Con la vía en nivelación definitiva, se realiza el ajuste de altura y descentrado del hilo de contacto, comprobando ménsula por ménsula el cumplimiento del zigzag y la altura de contacto según proyecto, mediante pantógrafo manual, mecánico o láser.

o) Instalación de seccionadores de catenaria. Consiste en la habilitación, preensamblaje, traslado y montaje en sitio de los seccionadores de catenaria, tanto en postes definidos para tal fin como en pórticos frente a las subestaciones de tracción, incluyendo la instalación de las timonerías correspondientes.

CONSULTA PÚBLICA





p) Telemando de seccionadores. El telemando consiste en tarjetas electrónicas para comunicaciones y control del motor de accionamiento, alimentadas eléctricamente y conectadas por fibra óptica al cuarto técnico donde reside el puesto local de operación (PLO), situado en la estación de pasajeros o en la subestación eléctrica más cercana.

q) Pruebas y puesta en servicio. Se realizan pruebas de aislamiento a tierra del feeder negativo y la catenaria, inyectando corriente de prueba mediante megóhmetro, previa verificación de la ausencia de tensión y apertura de los seccionadores hacia las subestaciones; la prueba se considera válida con un valor sostenido superior a un megaohm.

I.8.2.9. Programa de necesidades de estaciones y paraderos

Las estaciones y paraderos del proyecto se estructuran en seis áreas principales:

- Zona de acceso y vestíbulo.
- Zona de servicios públicos.
- Zona de comercio.
- Zona de abordaje.
- Zona de locales técnicos.
- Área operativa.

a) Zona de acceso y vestíbulo

Se define como la zona de la estación por la que discurren los viajeros y donde desarrollan sus actividades en su recorrido entre el exterior de la estación y el tren. De manera general se conforma por:

- Vestíbulo.
- Venta de boletos.

b) Zona de servicios públicos

Espacio destinado a la atención de usuarios:

- Sanitarios hombres.
- Sanitarios mujeres.
- Cuarto de limpieza.
- Primeros auxilios.
- Zona de guardado / lockers.
- Kiosko con pantalla digital interactiva con información de la localidad.
- Kiosko para asistencia e inclusión (niños viajando solos).
- Señalética de navegación en piso.
- Señalética y caminos táctiles en el piso.

CONSULTA PÚBLICA





c) Zona de comercio

Espacio colectivo con distintas tiendas y servicios; como primera instancia se incluyen las siguientes:

- Módulo de organización de comercios.
- Locales comunitarios.
- Cafetería / zona de alimentos.
- Stand de información turística.
- Stand de alquiler de coches.
- Compañías operadoras de autobuses foráneos.
- Espacio para plataformas de transporte (taxi / aplicaciones de movilidad).
- Módulo de información.

d) Zona de abordaje

- Andén (dimensión de referencia 4.00 x 200 m) (2 andenes)

e) Zona de locales técnicos

En esta zona se sitúan los locales técnicos necesarios para el adecuado funcionamiento de la estación y de la línea ferroviaria, que albergan maquinaria y equipos. La relación de locales técnicos es la siguiente:

- Señalización.
- Comunicaciones.
- Planta de emergencia.
- Cisterna.
- Planta de tratamiento (características por definir, cuyo efluente cumplirá con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-2021 y/o NOM-003-SEMARNAT-1997).
- Cuarto de sistema contra incendio (PCI).
- Cuarto de máquinas de climatización (IHS).
- Espacio de condensadoras.
- Locales.
- Cuarto de catenaria.

f) Área operativa

Su función principal es proporcionar espacios necesarios para las diferentes actividades de los operadores de la estación y de la línea. Los locales considerados son los siguientes:

- Sala de conductores.
- Cocineta / pantry.
- Sala de juntas.

CONSULTA PÚBLICA





- Vestuarios / sanitarios hombres.
- Vestuarios / sanitarios mujeres.
- Cuarto de limpieza.
- Servicio de seguridad.
- Oficina jefatura de estación.
- Almacén de residuos.
- Mantenimiento de estación y zonas adyacentes.
- Zona exterior: estacionamiento.
- Intercambiador de espacios en el cual confluyen diversos tipos y organizaciones del transporte público de pasajeros, considerando conexión con transporte urbano, autobuses foráneos y sitio de taxis.

I.8.2.10. Proceso constructivo de los Pasos Superiores e Inferiores Ferroviarios (PSF y PIF), Ganaderos (PSG y PIG) y Peatonales (PIP)

Las principales actividades para la construcción de los Pasos Superiores Ferroviarios (PSF), los Pasos Inferiores Ferroviarios (PIF), los Pasos Superiores Ganaderos (PSG), los Pasos Inferiores Ganaderos (PIG) y los Pasos Inferiores Peatonales (PIP) del proyecto son la topografía, el desmonte, el despalme y la construcción de los terraplenes de acceso correspondientes.

Topografía. Una vez definido el trazo mediante los levantamientos topográficos en su alineamiento horizontal y vertical, y con los proyectos definitivos de cada estructura, se procede a la localización, por cadenamiento, de los 119 pasos que se construirán a lo largo del corredor (96 pasos superiores e inferiores ferroviarios y ganaderos, y 23 pasos inferiores peatonales). Ubicada cada una de dichas estructuras, se realizarán los levantamientos topográficos correspondientes, ya sea en sección normal o enviajada (izquierda o derecha), sobre el eje del trazo, según sea el caso.

Pasos Inferiores Ganaderos (PIG)

Estos se construirán en los tramos de terraplén alto, por debajo de la plataforma ferroviaria, para permitir el cruce del ganado. Los trabajos iniciarán con la topografía, realizando los trazos correspondientes a las zapatas y los cuerpos de los estribos No. 1 y No. 2, mismos que se construirán de concreto hidráulico armado o de concreto ciclópeo. En dicho lugar, por medio del aparato topográfico y cinta, se configurarán en el terreno natural las aristas tanto del cuerpo como de los aleros, colocando una estaca en cada una de ellas, lo que permite, mediante un encalado, dimensionar las excavaciones necesarias para llegar al nivel de desplante indicado en el proyecto o el que determine la supervisión, considerando una capacidad de carga del terreno natural conforme a los estudios de mecánica de suelos del sitio. Para ello se afinará la excavación con retroexcavadora y mano de obra de apoyo.

CONSULTA PÚBLICA





Una vez que la excavación se encuentre limpia, afinada y con los niveles de desplante verificados, se procederá a cimbrar las zapatas del cuerpo y los aleros, iniciando la colocación del acero de refuerzo y el colado de concreto hidráulico con la resistencia (f'c) que marque el proyecto, o bien concreto ciclópeo (concreto hidráulico y piedra) en una proporción de 70-30, respectivamente.

Con las zapatas terminadas, se procederá a la construcción de los Estribos No. 1 y No. 2, cimbrando los cuerpos y aleros conforme a los datos y espesores del proyecto, construidos de concreto hidráulico reforzado con el f'c que este indique, o bien concreto ciclópeo en la proporción señalada. Para el colado de la losa se cimbrará hasta el nivel de subcorona de los estribos, colocando el armado necesario, con un espesor de entre 10 y 15 cm; en los extremos se colocará una junta de cartón asfaltado.

El zampeado se construirá de mampostería de tercera clase, juntando la piedra con mortero de arena-cemento en proporción 1:5, con un espesor de 30 cm, ejecutándose entre los estribos y los aleros de entrada y salida de la obra.

a) Pasos Inferiores Ferroviarios (PIF)

Estos permitirán el paso de la vialidad por debajo de la vía férrea y se construirán de manera perpendicular a esta, con un gálibo vertical mínimo de 5.50 m, conforme a las soluciones tipo descritas en el apartado I.6.7. Las estructuras podrán ser de un solo claro o de varios claros, según lo defina el ancho del derecho de vía en cada punto. Los trabajos iniciarán con los levantamientos topográficos sobre el eje del trazo; en cada punto, conocidas sus aristas, se colocará una estaca marcando el corte o la excavación necesarios para llegar a la cota de desplante, uniendo posteriormente los puntos mediante encalado. Se continuará con la excavación de las zapatas de los estribos y, en su caso, de las pilas centrales contempladas en el proyecto, utilizando excavadora y mano de obra de afine.

Con la excavación limpia y el desplante verificado, se construirán los cuerpos de los estribos: se cimbrará primero la zapata, se colocará el acero de refuerzo según el proyecto, dejando la preparación de los traslapes necesarios para el cuerpo de los estribos, y se colará con concreto hidráulico de f'c=250 kg/cm². Concluidos los cuerpos de los estribos, se cimbrará a nivel de subcorona para colocar el armado correspondiente a la construcción de la corona y su respaldo, también con f'c=250 kg/cm², integrando en esta misma etapa los bancos reforzados que soportarán las trabes tipo AASHTO consideradas en el proyecto.

De manera paralela se trabajará en la construcción de las pilas intermedias, circulares o rectangulares según el proyecto, y en su caso sobre micropilotes o pilotes cuando las condiciones del terreno de desplante así lo requieran, cimbrando las zapatas, colocando el acero de refuerzo con la preparación necesaria para dar continuidad al cuerpo de las pilas, y colando con concreto hidráulico de f'c=250 kg/cm². Sobre las pilas se construirán los cabezales, incluyendo los bancos que soportarán las trabes necesarias conforme al proyecto.

Se fabricarán las trabes tipo AASHTO en el número de piezas que requiera el proyecto, ya sean pretensadas o postensadas. Las trabes pretensadas se fabrican en planta especializada: primero se arma el esqueleto tipo I y se tensa el acero de presfuerzo a la tensión que marque

CONSULTA PÚBLICA





el proyecto, para posteriormente colar el concreto hidráulico, por lo regular con una resistencia de f'c=350 a 450 kg/cm²; el presfuerzo se aplica en el lecho inferior mediante torones de acero alojados en ductos previamente colocados. Las trabes postensadas, por su parte, se fabrican en campo, sobre plantillas construidas conforme al número de piezas requeridas: se arma el esqueleto tipo I junto con el cabezal de refuerzo en cada extremo (apoyo móvil y apoyo fijo), se instalan los ductos para el acero de presfuerzo y se cuela la trabe con concreto hidráulico de f'c=350 a 450 kg/cm². Alcanzado aproximadamente el 85% de la resistencia del concreto, se procede al tensado de la viga en el apoyo móvil, generando la contraflecha correspondiente, y finalmente se cortan los excedentes de torón y se colan los extremos de las trabes.

Terminadas las trabes, se trasladan al sitio de montaje sobre los bancos previamente construidos, colocando placas de neopreno de las dimensiones correspondientes (según su función fija o móvil), y se izan mediante grúas con capacidad adecuada al peso de cada pieza. Una vez colocadas las vigas, se construyen los muros diafragma de concreto reforzado, con función de junta constructiva y de resistencia a la torsión, ubicados en los extremos y en la parte media de las trabes. Sobre las vigas se coloca una losa de concreto reforzado de 18 cm de espesor con juntas de dilatación por temperatura, y sobre esta, una capa de revestimiento. En los laterales de la estructura se construye un parapeto, integrado por guarnición, dala y parapeto de tubo, conforme lo indique el proyecto.

En los accesos de la vialidad a los PIF y PSF se realizarán los levantamientos topográficos necesarios para el desplante de las terracerías correspondientes, procurando que la pendiente no exceda el 6% señalado en las especificaciones aplicables, con una longitud aproximada de 200 m a cada lado del cruce. Existen dos tipos de construcción de accesos: de tierra armada o mediante terraplenes tradicionales, descritos más adelante.

Pasos Superiores Ferroviarios (PSF) y Ganaderos (PSG)

Estos corresponden a las estructuras mediante las cuales la vialidad o, en el caso de los PSG, el ganado, cruza por encima de la vía férrea, con una altura mínima de gálibo de 7.50 m sobre esta, conforme a las soluciones tipo descritas en el apartado I.6.7. Las estructuras podrán ser de un solo claro o de varios claros, según lo defina el ancho de la plataforma ferroviaria a librar. El proceso constructivo de los PSF y PSG (levantamientos topográficos, excavación y cimentación de estribos y pilas, fabricación e izaje de trabes tipo AASHTO pretensadas o postensadas, construcción de muros diafragma, losa y parapeto) sigue los mismos criterios técnicos descritos para los Pasos Inferiores Ferroviarios, adecuando en los PSG el ancho de la plataforma y los parapetos al paso de ganado.

a) Accesos a los pasos ferroviarios (PSF y PIF)

Existen dos tipos de construcción de accesos: de tierra armada o mediante terraplenes tradicionales.

CONSULTA PÚBLICA





Con el procedimiento de tierra armada se afecta únicamente el ancho de corona necesario. Se fabrican escamas de concreto hidráulico con f'c=250 kg/cm², de la medida indicada por el proyecto, colocadas sobre una dala de desplante e intercaladas entre sí; sobre estas se tiende una capa de material de terracerías, de calidad subrasante o triturado según el estudio granulométrico correspondiente, y posteriormente una malla con tensores transversales (más largos en la zona próxima a la estructura y más cortos hacia el final del acceso), sobre la cual se tiende el material y se compacta al 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM), conforme a la prueba Proctor.

Con el procedimiento de terraplenes tradicionales se afecta el ancho de corona más los ceros a ambos lados, según el talud que indique el proyecto. Se inicia con el emplantillamiento y el acarreo de material para el cuerpo del terraplén, tendiendo capas de 30 cm de espesor (incluyendo su abundamiento) hasta alcanzar una compactación del 90% de su PVSM, regando agua en cantidad aproximada de 100 l/m³ de material y sometiendo cada capa al tránsito de un tractor de oruga con garra de 20 ton, con al menos tres pasadas por punto, hasta llegar a la cota de nivel subrasante. El material de la capa subrasante provendrá de bancos de préstamo con la granulometría que determinen los estudios de laboratorio correspondientes, aplicando el mismo criterio de riego y compactación (90% de su PVSM). La superficie de rodamiento se conformará con material de revestimiento triturado, con granulometría acorde a las necesidades del proyecto.

Pasos Peatonales

Los 23 pasos peatonales se construirán conforme a la solución tipo descrita en el apartado I.6.7.11. Los trabajos iniciarán con el trazo topográfico de los ejes de la estructura y de sus rampas, para posteriormente excavar y construir la cimentación a base de zapatas aisladas de concreto armado, cuyo número y dimensiones se definirán con base en el estudio estructural y de mecánica de suelos de cada sitio. Sobre la cimentación se montará la estructura de acero, cuyos elementos se fabricarán en taller y se trasladarán al sitio para su izaje y conexión mediante grúa. Los niveles y rampas se conformarán con losa a base de un sistema de losacero sección 4, calibre 22, con una capa de compresión de 10 cm de concreto con f'c=250 kg/cm² reforzada con malla electrosoldada; las rampas tendrán una pendiente máxima del 8%. Finalmente, se colocará el barandal tubular, con una altura de 0.90 m y una separación de 0.15 m entre elementos, y se realizará la limpieza del área de trabajo.

I.8.2.11. Metodología constructiva de puente

La construcción de los puentes ferroviarios del proyecto se desarrollará conforme a una metodología integral orientada a garantizar la adecuada planeación, ejecución, supervisión y control de los trabajos, manteniendo una coordinación permanente entre la ingeniería estructural, la metodología constructiva, la ingeniería de tránsito, la gestión de interferencias y afectaciones, la gestión ambiental, y la coordinación con la población y las autoridades involucradas. Esta metodología busca que cada etapa constructiva se desarrolle de manera ordenada y compatible con las condiciones del entorno, ya sea urbano o rural, minimizando las afectaciones durante la ejecución y asegurando la funcionalidad y seguridad de la infraestructura ferroviaria.

CONSULTA PÚBLICA





Trazo y preparación del sitio. Esta etapa tiene como finalidad establecer físicamente la ubicación, geometría, niveles y ejes definidos para el puente, así como generar las condiciones necesarias para desarrollar de manera segura, ordenada y controlada las actividades constructivas posteriores. El proceso inicia con el levantamiento y replanteo topográfico del puente: a partir de los planos ejecutivos se establecen en campo los ejes longitudinales y transversales, así como la ubicación exacta de los apoyos, los cabezales, los muros, las zonas de transición y los demás elementos que integran la estructura. Durante esta etapa se establecen puntos de referencia y bancos de nivel que permanecen disponibles durante todo el proceso constructivo, permitiendo controlar la geometría de la obra y verificar que cada elemento se ejecute en la posición, elevación y alineamiento establecidos en el proyecto. Los principales elementos sujetos a control son los ejes longitudinales y transversales del puente, las coordenadas de los apoyos, la ubicación de las pilas profundas o zapatas, las cotas de desplante, las elevaciones de cimentaciones, pilas, cabezales y muros, el nivel de los dispositivos de apoyo, las pendientes y geometría de la superestructura, y el nivel terminado de la losa. Se deberá comprobar que las coordenadas obtenidas en campo correspondan con las establecidas en los planos ejecutivos, y el control topográfico se mantendrá durante todas las etapas de construcción, siendo los principales parámetros de verificación la posición, alineación, elevación y verticalidad de los elementos estructurales.

Antes de iniciar cualquier actividad constructiva se realizará el levantamiento topográfico del área de intervención, tomando como referencia los bancos de nivel, puntos de control y coordenadas establecidos en el proyecto ejecutivo, con objeto de conocer las condiciones reales del sitio y compararlas con la información utilizada para el desarrollo del proyecto. Este levantamiento deberá identificar y registrar los ejes principales del puente, la ubicación de cada apoyo, los cadenamientos, las elevaciones del terreno natural, los límites del derecho de vía, las obras, servicios e instalaciones existentes, los caminos y accesos, los accidentes topográficos, y cualquier elemento que pueda interferir con la construcción. De detectarse diferencias significativas entre las condiciones existentes y los planos ejecutivos, en ubicación, niveles, servicios, obstáculos o condiciones del terreno, estas deberán verificarse antes de continuar con las actividades constructivas correspondientes.

Se establecerán bancos de nivel permanentes y puntos de control topográfico en lugares fuera de las zonas que puedan resultar afectadas por excavaciones, tránsito de maquinaria, almacenamiento de materiales, maniobras de montaje o cualquier otra actividad propia de la construcción. Estos puntos constituirán las referencias principales para el control geométrico de la obra, utilizándose para determinar y comprobar las cotas de excavación, la profundidad de las cimentaciones, la elevación de zapatas y elementos de cimentación, la verticalidad de pilas y muros, la elevación de cabezales y muros, las pendientes de la superestructura y el nivel terminado de la losa. Los bancos de nivel y puntos de control deberán estar claramente identificados, protegidos y registrados, evitando que sean desplazados o alterados durante la ejecución de la obra; en caso de que alguno resulte afectado, deberá restituirse mediante una comprobación topográfica vinculada nuevamente a los puntos de control principales.

Con base en los planos estructurales, geométricos y de implantación, se procederá al trazo físico de los ejes del puente, trasladando al terreno mediante equipo topográfico las coordenadas correspondientes a cada elemento estructural: pilas, cabezales o muros,

CONSULTA PÚBLICA





cimentaciones, ejes longitudinales y transversales, rampas y accesos, zonas de transición, y demás elementos complementarios. Para cada pila se establecerá el punto central y sus referencias laterales, de manera que el equipo encargado de la perforación pueda posicionarse correctamente. La ubicación de cada apoyo deberá verificarse topográficamente antes de iniciar las excavaciones o perforaciones, comprobando igualmente las cotas de desplante y las referencias necesarias para garantizar que la cimentación se ejecute en la posición indicada en el proyecto.

Una vez establecido el trazo, se delimitarán físicamente las áreas destinadas a los distintos frentes de trabajo, considerando zonas específicas para la operación de maquinaria, el almacenamiento de materiales, el acopio y habilitado de acero de refuerzo, la preparación y almacenamiento de cimbras, las maniobras de montaje, la circulación de personal y de vehículos, las instalaciones provisionales, y la carga y descarga de materiales. La distribución de estos frentes de trabajo deberá permitir una circulación segura y ordenada, procurando evitar interferencias con las vialidades existentes, instalaciones en operación o áreas ajenas a la intervención.

Se acondicionarán los caminos de acceso y circulación interna necesarios para permitir el ingreso y desplazamiento de maquinaria, materiales, equipos y personal, junto con la instalación del señalamiento correspondiente y la delimitación de zonas de riesgo. Los accesos deberán contar con las condiciones necesarias para soportar el tránsito de maquinaria pesada y vehículos de transporte, particularmente durante las etapas de cimentación y montaje de la superestructura. Cuando el puente se encuentre próximo a vialidades existentes, se establecerá una estrategia de circulación que considere accesos principales y alternos, horarios de maniobra, señalamiento preventivo, desvíos temporales, barreras de protección y zonas de carga y descarga; esta señalización deberá mantenerse visible y en condiciones adecuadas durante la ejecución de los trabajos, y las rutas de acceso, modificaciones de circulación y alternativas se coordinarán con las autoridades municipales y estatales correspondientes cuando exista afectación a vialidades públicas.

Finalmente, se realizará la limpieza general del área de trabajo antes de iniciar las actividades estructurales, retirando vegetación, residuos, materiales sueltos, piedras, escombros y cualquier otro elemento que pueda interferir con la ejecución de las cimentaciones, accesos o plataformas de trabajo. Según las condiciones existentes, podrán realizarse actividades de despalme, retiro de material orgánico, demolición y retiro de elementos existentes, nivelación del terreno, rellenos, compactaciones y preparación de plataformas de trabajo; estas últimas deberán contar con condiciones adecuadas de estabilidad, nivelación y capacidad de soporte para evitar asentamientos o movimientos durante las operaciones. Como resultado de estos trabajos, el sitio deberá quedar preparado para el inicio de la cimentación, con accesos habilitados, ejes establecidos, bancos de nivel protegidos, áreas de trabajo delimitadas, condiciones de seguridad implementadas y frentes de construcción organizados.

Ejecución de la cimentación. La cimentación constituye el conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir las cargas del puente hacia el terreno, garantizando la estabilidad y capacidad de soporte de la estructura. Su ejecución comprende la preparación del área, la ubicación de las pilas o zapatas, la excavación y perforación, la limpieza, la

CONSULTA PÚBLICA





colocación de ademes cuando sean necesarios, el armado de las pilas profundas y el colado del concreto.

Se realiza primero la limpieza y preparación de las zonas donde se construirán las cimentaciones, retirando material vegetal, suelo superficial inadecuado, piedras, escombros y cualquier elemento que interfiera con la correcta ejecución de los trabajos; posteriormente se realizan las excavaciones necesarias para los cabezales de cimentación, considerando los niveles establecidos en el proyecto. Durante la excavación deberá garantizarse la estabilidad del terreno, utilizando sistemas de entibación, taludes adecuados o procedimientos de estabilización cuando las condiciones geotécnicas lo requieran. Una vez alcanzado el nivel correspondiente, se retira el material suelto y se prepara la superficie de trabajo, que deberá quedar limpia y libre de materiales que puedan afectar la correcta ejecución de los elementos de cimentación. Finalmente, mediante equipo topográfico se trasladan al terreno las coordenadas de cada pila de cimentación, obteniendo el centro de la pila, los ejes longitudinal y transversal, el diámetro especificado y la cota de desplante.

La perforación de las pilas profundas se realiza mediante equipo especializado, como perforadora rotatoria, utilizando la herramienta adecuada de acuerdo con las condiciones geotécnicas encontradas y el diámetro especificado en el proyecto. El equipo deberá posicionarse sobre una plataforma estable y correctamente nivelada, y la perforación se ejecutará de manera progresiva hasta alcanzar la profundidad establecida, controlando el diámetro de perforación, la profundidad, la verticalidad, la ubicación en planta, las condiciones del terreno y la estabilidad de las paredes. El material producto de la perforación se retira y coloca en el área destinada para su manejo; una vez alcanzada la profundidad de proyecto, se realiza la limpieza del interior de la perforación, retirando el material acumulado en el fondo, sedimentos y material desprendido de las paredes, y verificando la profundidad final, el diámetro, la verticalidad, la condición del fondo, la presencia de agua o lodo y la cantidad de sedimentos, de manera que la perforación quede en condiciones adecuadas para recibir la armadura.

Cuando las condiciones del terreno lo requieran, se utilizarán ademes temporales o permanentes para evitar el colapso de las paredes de la perforación, instalados de manera que se conserve la sección, diámetro y geometría especificados en el proyecto; durante la perforación y colocación de la armadura deberá comprobarse que el ademe permanezca estable y correctamente posicionado, evitando desprendimientos del terreno y garantizando condiciones adecuadas para la colocación del acero y el posterior colado del concreto.

La armadura de cada pila se fabrica previamente de acuerdo con los planos estructurales, conformada por barras longitudinales y refuerzo transversal, el cual podrá consistir en espirales o estribos según la solución estructural definida; se incorporan elementos de rigidización para evitar deformaciones durante las operaciones de izaje y colocación, así como separadores que garanticen el recubrimiento de concreto establecido en el proyecto. Una vez aprobada la armadura, se procede a su izaje mediante grúa, introduciéndola cuidadosamente dentro de la perforación para evitar golpes contra las paredes, deformaciones o desplazamientos de los elementos de refuerzo, y asegurándola en la posición y elevación establecidas.

CONSULTA PÚBLICA





El concreto se coloca conforme a las especificaciones estructurales y al procedimiento aprobado para la cimentación; cuando exista presencia de agua o lodo de perforación podrá utilizarse el sistema de colocación mediante tubería tremie, introducida hasta la zona inferior de la perforación, de manera que el concreto se descargue desde el fondo y desplace hacia la parte superior el agua o lodo existente. El colado deberá mantenerse de forma continua para evitar la formación de juntas frías, segregación o discontinuidades dentro de la pila, controlando la calidad del concreto, el revenimiento, el volumen colocado, el nivel de concreto, la continuidad del colado, el tiempo de ejecución y las condiciones del concreto durante su colocación; se elaborarán especímenes de concreto para verificar posteriormente que se alcance la resistencia especificada.

Una vez que el concreto ha alcanzado las condiciones requeridas, se procede al descabece de las pilas, retirando el concreto superficial que pueda presentar contaminación, segregación o material no conforme, hasta llegar a concreto sano y dejar preparada la conexión con la zapata, conservando las barras de acero necesarias para la conexión estructural entre la pila y el cabezal, y verificando la elevación y posición de cada pila. Se realiza entonces la excavación final para la zapata, cuya función es distribuir uniformemente las cargas de la superestructura y columnas hacia las pilas de cimentación, preparando su base sobre el terreno compactado y nivelado, con una plantilla de concreto del espesor indicado por el proyecto. Sobre la plantilla se coloca el acero de refuerzo del cabezal, instalando primero el refuerzo inferior y después el superior, además de los estribos, refuerzos transversales y elementos adicionales especificados por el diseño; el acero del cabezal se conecta con las barras de las pilas para garantizar la transferencia de esfuerzos, y se colocan los aceros de espera necesarios para los pedestales superiores, verificando antes del colado el diámetro y cantidad de barras, las separaciones, los traslapes, los recubrimientos, la posición del acero de espera y su ubicación respecto a los ejes.

Se realiza el cimbrado de la zapata garantizando la correcta alineación, nivelación y rigidez de los materiales empleados, así como la adecuada apuntalación y sellado de los elementos para evitar fugas de concreto, verificando dimensiones y cotas. Una vez revisados el armado y la cimbra, se procede al colado de la zapata con concreto estructural, colocado de manera uniforme y con vibración mecánica para eliminar vacíos y garantizar una adecuada compactación, controlando la calidad del concreto, el revenimiento, el vibrado, y el recubrimiento e impermeabilización. Posteriormente se realiza el curado del concreto conforme a las especificaciones establecidas, manteniendo el elemento protegido durante el periodo requerido para evitar una pérdida excesiva de humedad y favorecer el desarrollo adecuado de resistencia; una vez alcanzada la resistencia necesaria, se procede al descimbrado, efectuado cuidadosamente para evitar golpes, vibraciones o cargas que puedan afectar el elemento.

Columnas y cabezales. Esta etapa comprende la ejecución de los elementos verticales y superiores que reciben y transmiten las cargas de la superestructura hacia las cimentaciones. Una vez que el concreto de la cimentación ha alcanzado las condiciones requeridas, se prepara la zona de conexión de la zapata con la columna, retirando el concreto superficial que presente contaminación, segregación, lechada excesiva o material que no cumpla con las condiciones necesarias para garantizar una adecuada conexión estructural, hasta llegar a concreto sano y dejar preparada la conexión; se verifica la elevación y posición

CONSULTA PÚBLICA





de cada pila, así como la correcta posición del acero de continuidad, las barras longitudinales, los ejes, las cotas y los recubrimientos.

Se coloca el acero longitudinal y transversal conforme a los planos estructurales, quedando el armado correctamente sujeto para evitar desplazamientos durante la colocación de la cimbra y el colado, y verificando el diámetro y número de barras, la separación de estribos, las longitudes de anclaje, los traslapes, los recubrimientos, la verticalidad y la posición de los insertos.

Dependiendo de la altura, geometría y sistema constructivo definido, se implementará cimbra tradicional, cimbra metálica, cimbra trepante o un sistema de encofrado especializado, la cual deberá quedar correctamente alineada, nivelada, aplomada y rigidizada, revisando antes del colado que no existan fugas y que las dimensiones correspondan a los planos. El concreto se coloca de acuerdo con el procedimiento aprobado, evitando segregación y desplazamiento de la armadura, y controlando la altura de caída, la velocidad de colocación, el vibrado, la continuidad, el nivel superior y la temperatura del concreto cuando corresponda; se obtendrán muestras para las pruebas de control de calidad. Después del colado se realiza el curado del concreto conforme a las especificaciones, y una vez alcanzada la resistencia necesaria se procede al descimbrado, evitando aplicar cargas o impactos que puedan dañar el elemento.

Sobre las columnas se ejecutan los cabezales, cuya función es distribuir y transmitir las cargas provenientes de la superestructura hacia los apoyos. Se coloca el acero de refuerzo del cabezal, instalando primero el refuerzo inferior y después el superior, además de los estribos, refuerzos transversales y elementos adicionales especificados por el diseño; el acero del cabezal se conecta con las barras de las pilas para garantizar la transferencia de esfuerzos, y se colocan los aceros de espera necesarios para los pedestales superiores. Se instala la cimbra que dará forma al cabezal, la cual deberá quedar alineada, nivelada, rígida, correctamente apuntalada y sellada para evitar fugas de concreto, revisando las dimensiones interiores y las cotas antes del colado, y verificando que la cimbra pueda soportar la presión generada por el concreto fresco sin deformarse. Una vez revisados el armado y la cimbra, se procede al colado del cabezal con concreto estructural, colocado de manera uniforme y con vibración mecánica para eliminar vacíos y garantizar una adecuada compactación, controlando durante el colado la calidad del concreto, el revenimiento, el nivel superior, el vibrado, el recubrimiento y la posición de los elementos embebidos. Después del colado se realiza el curado del concreto, evitando una pérdida excesiva de humedad durante el desarrollo inicial de resistencia.

Antes de iniciar el montaje de la superestructura se realizará una revisión geométrica y topográfica de los elementos construidos, comprobando el eje de la columna, la verticalidad, la elevación del cabezal, la posición y separación de apoyos, y las cotas establecidas en el proyecto ejecutivo, de manera que las columnas y cabezales queden estructuralmente integrados, alineados y con las cotas necesarias para iniciar la instalación de los dispositivos de apoyo y el montaje de la superestructura.

Superestructura. La superestructura constituye la parte del puente que recibe directamente las cargas de circulación y las transmite hacia los dispositivos de apoyo, cabezales, pilas y cimentaciones. Su ejecución podrá realizarse mediante el montaje de trabes

CONSULTA PÚBLICA





prefabricadas, sistemas de dovelas, lanzadoras, o mediante elementos colados en sitio, de acuerdo con la solución estructural definida en el proyecto ejecutivo.

Antes de iniciar el montaje se verificará que todos los cabezales y elementos de apoyo se encuentren terminados, inspeccionados y liberados, comprobando cotas, ejes, separaciones, posiciones de elementos y accesos para grúas, así como las zonas de seguridad; las áreas destinadas a las maniobras deberán estar libres de obstáculos y contar con las condiciones necesarias para el posicionamiento y operación del equipo de montaje. Una vez que los pedestales han alcanzado las condiciones requeridas, se preparan sus superficies superiores y se colocan las placas base y los dispositivos de apoyo especificados en el proyecto, cuya función es transmitir las cargas de la superestructura hacia los elementos inferiores y permitir los movimientos y rotaciones previstos por el diseño; todos los elementos deben quedar perfectamente alineados respecto a sus ejes longitudinales y transversales, nivelados y libres de impurezas, y antes de colocar las trabes se realizará una inspección y verificación topográfica de los dispositivos de apoyo.

En caso de utilizar trabes prefabricadas, cada elemento deberá inspeccionarse antes de su montaje, verificando sus dimensiones, longitud, peso, identificación, estado físico, acero de refuerzo, insertos, elementos de izaje y resistencia del concreto, comprobando que corresponda con la ubicación indicada en el programa de montaje; no deberá montarse ninguna pieza que presente daños, fisuras, deformaciones o alteraciones que puedan comprometer su comportamiento estructural. Una vez fabricados y aprobados los componentes, se trasladan al sitio de construcción sobre plataformas adecuadas, sujetos para evitar desplazamientos o deformaciones durante el transporte, considerando la secuencia de montaje para evitar almacenar elementos innecesariamente en obra; al llegar se inspeccionan nuevamente para detectar posibles daños producidos durante el traslado, y su transporte se realiza mediante vehículos adecuados, considerando la ruta, las dimensiones, el peso, la altura libre, las restricciones de circulación, la coordinación con las autoridades y los horarios de maniobra.

El montaje de las trabes podrá realizarse mediante grúas, lanzadoras u otros sistemas previstos en el proyecto, conforme a un procedimiento específico que establezca el peso de la pieza, la capacidad del equipo, el radio de operación, los puntos de izaje, la secuencia de montaje, la comunicación entre operadores, la zona de exclusión y las condiciones meteorológicas permitidas. La pieza se iza de acuerdo con los puntos de levantamiento establecidos y se traslada hasta su posición definitiva, verificando, una vez sobre los apoyos, su correcta colocación, alineamiento, nivel y posición respecto de las demás trabes. Cuando la solución estructural corresponda a un sistema segmental, se recomienda el uso de dovelas, transportadas, posicionadas y colocadas de acuerdo con la secuencia definida en el proyecto ejecutivo, controlando el posicionamiento, alineamiento, nivelación, juntas, elementos de conexión, tensado cuando aplique, y continuidad estructural. Cuando la superestructura se ejecute mediante concreto colado en sitio, previamente se instalarán la cimbra, el apuntalamiento, el acero de refuerzo, los elementos embebidos, los drenajes, las juntas y los insertos necesarios para soportar y contener el concreto fresco, procediendo al colado de acuerdo con la secuencia estructural establecida y evitando sobrecargas, deformaciones o desplazamientos.

CONSULTA PÚBLICA





Concluido el montaje, se realizará una revisión topográfica para verificar el alineamiento longitudinal y transversal, las elevaciones, las pendientes, las flechas, la posición de las trabes y la separación entre elementos.

Ejecución de la superestructura ferroviaria. Esta etapa corresponde a la construcción del tablero del puente y a la instalación de los elementos que permiten su operación, protección, drenaje y conservación.

Antes de iniciar el colado de los elementos que conformarán la losa, se realizará una limpieza general de la superficie de la superestructura, retirando polvo, residuos, materiales sueltos y cualquier elemento que pueda afectar la adherencia o calidad del concreto, y verificando que ningún elemento presente desplazamientos respecto de la posición indicada en los planos; se comprobará el acero de refuerzo, la cimbra, los separadores, los recubrimientos, las pendientes, los drenajes, las juntas, los insertos y los elementos de anclaje. Se coloca el acero de refuerzo de la losa de acuerdo con los planos estructurales, garantizando y verificando el correcto dimensionamiento mediante el control del diámetro de las barras, las separaciones, los traslapes, los anclajes, los recubrimientos, los refuerzos adicionales y los refuerzos alrededor de juntas y drenajes. Las juntas de construcción y expansión se instalan en las ubicaciones establecidas en el proyecto, quedando correctamente alineadas, niveladas y ancladas, cuidando que el concreto no invada ni bloquee las partes de la junta destinadas a permitir el movimiento, por lo que antes del colado deberán verificarse sus condiciones de instalación.

Una vez liberados el armado, la cimbra, las juntas, los drenajes y demás elementos embebidos, se procede al colado de la losa, colocando el concreto en una secuencia que evite generar sobrecargas, deformaciones o desplazamientos en la superestructura, y controlando el espesor, los niveles, las pendientes, el vibrado, el acabado superficial y la correcta continuación del proceso a lo largo del tramo. Antes, durante y después del colado se efectuarán pruebas de resistencia y calidad al concreto colocado, a fin de garantizar el correcto funcionamiento mecánico del elemento estructural; finalmente, al dar el acabado a la superficie se aplicará el procedimiento de curado especificado, manteniéndola protegida durante el periodo requerido para evitar evaporación excesiva, fisuración, pérdida prematura de humedad y daños superficiales, con un método de curado compatible con los trabajos posteriores que se realizarán sobre el tablero.

Se ejecutarán las banquetas, zonas peatonales y elementos laterales de protección indicados en el proyecto, tanto los destinados a permitir la circulación y el acceso para labores de inspección y mantenimiento, como los sistemas de seguridad y contención ubicados en los bordes del puente. La construcción de las banquetas se realizará conforme a las dimensiones y detalles establecidos en los planos ejecutivos, colocando el acero de refuerzo y los elementos de confinamiento correspondientes, verificando previamente su posición, separación, recubrimiento y correcta fijación, e instalando posteriormente la cimbra necesaria para definir su geometría, de manera que quede correctamente alineada, nivelada, rigidizada y libre de deformaciones. Una vez liberados el armado y la cimbra, se coloca el concreto o material especificado, distribuyéndolo de manera uniforme y compactándolo adecuadamente para evitar vacíos, desplazamientos o irregularidades, controlando especialmente el ancho, nivel,

CONSULTA PÚBLICA





pendiente y continuidad de las banquetas, así como la correcta ejecución de las juntas y acabados previstos; estas deberán mantener las dimensiones establecidas en el proyecto y proporcionar una superficie continua, estable y segura para el acceso del personal autorizado a las zonas de inspección, operación y mantenimiento del puente, conservando las pendientes necesarias para evitar la acumulación de agua y permitir su adecuado desalojo hacia el sistema de drenaje.

Una vez ejecutadas y liberadas las banquetas, se instalan los parapetos, barreras de protección y sistemas de contención contemplados en el proyecto, cuya función es delimitar los bordes del puente, proteger al personal y a los usuarios, y evitar la salida o caída de elementos hacia las zonas inferiores. Esta instalación comprende el suministro, colocación, alineamiento, fijación y anclaje de los elementos, así como la ejecución de las conexiones necesarias entre los parapetos, las barreras y la estructura del puente, quedando los sistemas de anclaje correctamente integrados y asegurados para evitar desplazamientos, holguras o movimientos no previstos durante la operación. Durante la colocación se verificará que los parapetos y barreras mantengan de manera continua la geometría establecida en los planos, controlando la altura, el alineamiento longitudinal y transversal, la separación entre elementos, la posición y profundidad de los anclajes, las fijaciones y conexiones, la continuidad, la verticalidad, la resistencia y estabilidad, la integración con la estructura, y la ausencia de desplazamientos o deformaciones. Una vez terminada la instalación, se realizará una inspección física y geométrica del conjunto, comprobando que las banquetas, parapetos y barreras funcionen como un sistema continuo y correctamente integrado al tablero, sin elementos sueltos, bordes expuestos, anclajes incompletos, interferencias con el sistema de drenaje o condiciones que representen un riesgo durante la operación y mantenimiento del puente; finalmente, se realizará la limpieza de las superficies, retirando los residuos, materiales sobrantes y elementos provisionales generados durante la ejecución, dejando las banquetas y sistemas de protección en condiciones adecuadas para continuar con las actividades de impermeabilización, acabados e instalaciones correspondientes.

Una vez que el concreto ha alcanzado las condiciones requeridas, se prepara la superficie para recibir el sistema de impermeabilización, mediante la limpieza de la superficie, la preparación del sustrato, la reparación de irregularidades, la aplicación del sistema especificado, el tratamiento de juntas y puntos singulares, y la verificación de continuidad y protección de la impermeabilización, de manera que la superficie quede uniforme y sin zonas que puedan permitir filtraciones hacia los elementos estructurales. Finalmente, se ejecuta el acabado de rodamiento especificado para el puente ferroviario, verificando las pendientes, niveles y condiciones superficiales necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje y las condiciones geométricas requeridas para la operación ferroviaria

I.8.2.12. Equipo y materiales para la ejecución de las etapas de preparación de sitio y construcción

A continuación, se presenta el desglose de la maquinaria y equipo específico considerado por área de obra.

CONSULTA PÚBLICA





Tabla I.31. Maquinaria para terracerías. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Excavadora hidráulica 36 t	60
Tractor sobre orugas D8	40
Motoconformadora 14-16 ft	40
Rodillo vibratorio 12 t	50
Cargador frontal 3.5 m³	40
Camión de volteo 14 m³	400
Pipa de agua 20,000 L	50
Total	**680**

Tabla I.32. Maquinaria para drenaje. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Retroexcavadora	40
Excavadora 20 t	30
Camión grúa	10
Compactador tipo canguro	60
Compactador de placa	80
Camiones de volteo	100
Total	**320**

Tabla I.33. Maquinaria para estructuras. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Grúa hidráulica 50 t	20
Grúa hidráulica 100 t	10
Bomba para concreto	20
Planta dosificadora	10
Revolvedoras	80
Generadores	60
Compresores	40
Total	**240**

Tabla I.34. Maquinaria para construcción de vía. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Excavadora ferroviaria	20
Reguladora de balasto	10
Perfiladora de balasto	10
Compactadora de balasto	10
Tren de tendido de riel	10
Camión Hi-Rail	40
Camiones plataforma	60
Soldadora aluminotérmica	60
Total	**220**

Tabla I.35. Maquinaria para señalización y telecomunicaciones. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Miniexcavadora	30
Camioneta de servicio	80
Generadores	20
Equipo de perforación ligera	20
Total	**150**

CONSULTA PÚBLICA





Tabla I.36. Maquinaria para obras complementarias. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Retroexcavadora	20
Cargador frontal	20
Camión de volteo	60
Compactador	20
Total	**120**

Tabla I.37. Maquinaria para electrificación. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad
Plataforma articulada	60
Camión con canastilla	80
Grúa telescópica	20
Generador eléctrico	40
Total	**200**

Tabla I.38. Total de maquinaria necesario. Elaboración propia.

Área	Total de equipos
Terracerías	680
Drenaje	320
Estructuras	240
Construcción de vía	220
Señalización y Telecomunicaciones	150
Obras complementarias	120
Electrificación	200
Total	**1,930**

De manera análoga, el proyecto contempla un total de 860 trabajadores por frente, distribuidos por área de obra, lo que representa un total de 8,600 trabajadores considerando los 10 frentes de trabajo propuestos, conforme se detalla en la siguiente tabla. A continuación, se presenta el desglose del personal por puesto, considerado para cada área de obra dentro de un frente de trabajo.

Tabla I.39 Personal para terracerías. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Peones	90
Oficiales	20
Operadores	35
Ayudantes	25
Topógrafos	10
Supervisores	8
Total	**188**

Tabla I.40. Personal para drenaje. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Peones	30

CONSULTA PÚBLICA





Puesto	Cantidad
Albañiles	20
Fierreros	15
Carpinteros	10
Operadores	8
Supervisores	4
Total	**87**

Tabla I.41. Personal para estructuras. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Fierreros	40
Carpinteros	35
Albañiles	25
Operadores	20
Soldadores	10
Supervisores	6
Total	**136**

Tabla I.42. Personal para construcción de vía. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Peones	70
Operadores	25
Especialistas en vía	45
Soldadores aluminotérmicos	10
Topografía	8
Supervisores	5
Total	**163**

Tabla I.43 Personal para obras complementarias. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Albañiles	18
Peones	20
Operadores	12
Jardinería	8
Supervisores	2
Total	**60**

Tabla I.44. Personal para señalización y telecomunicaciones. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Técnicos	20
Electricistas	12
Ayudantes	10
Supervisores	3
Total	**45**

Tabla I.45. Personal para electrificación. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Linieros	28
Electricistas	18
Operadores	12

CONSULTA PÚBLICA





Puesto	Cantidad
Ayudantes	20
Supervisores	4
Total	**82**

Tabla I.46. Personal indirecto. Elaboración propia.

Puesto	Cantidad
Residentes	6
Seguridad industrial	12
Control de calidad	12
Laboratoristas	8
Administración	25
Almacén	8
Mecánicos	10
Vigilancia	18
Total	**99**

Tabla I.47. Total de personal requerido. Elaboración propia.

Área	Personal por frente	Personal total (10 frentes)
Terracerías	188	1,880
Drenaje	87	870
Estructuras	136	1,360
Vía férrea	163	1,630
Electrificación	82	820
Señalización	45	450
Obras complementarias	60	600
Personal indirecto	99	990
Total	**860**	**8,600**

I.8.3. Etapa de operación y mantenimiento

La etapa de operación y mantenimiento iniciará una vez concluida la etapa de construcción, y comprenderá la operación regular del servicio ferroviario de pasajeros, así como las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la vía férrea, el material rodante, las estaciones de pasajeros y demás infraestructura asociada al proyecto, conforme a las especificaciones técnicas aplicables de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), a fin de mantener el sistema en condiciones óptimas de operación durante toda su vida útil.

El servicio se presta conforme a tres modos operativos: normal, degradado y de emergencia, cada uno con protocolos específicos que garantizan la continuidad, seguridad y confiabilidad del servicio.

a) Modo normal

Corresponde a la operación diaria estándar del sistema, en la que los trenes, las estaciones y el personal funcionan conforme a lo planeado, garantizando el servicio continuo y regular tanto en horas de máxima demanda como en horas valle. La preparación del servicio incluye la asignación programada de operadores a los trenes, la verificación de las horas de operación por cubrir y los

CONSULTA PÚBLICA





ajustes correspondientes, actividades que se revisan con un día de anticipación al inicio del servicio.

b) Modo degradado

Se activa cuando el sistema presenta una falla o condición anormal que impide operar en condiciones normales, pero que no representa un riesgo inmediato que obligue a suspender el servicio por completo. El personal de mantenimiento, infraestructura y operaciones interviene con los recursos disponibles –trenes de rescate o locomotoras auxiliares, vehículos especializados de mantenimiento de vía, equipos técnicos para sistemas eléctricos, de señalización y telecomunicaciones, personal especializado y, de ser necesario, brigadas de protección civil–, mientras el Centro de Control de Operaciones mantiene comunicación permanente con el personal en campo y con los usuarios. Su objetivo es mantener el servicio de manera parcial y lograr la recuperación más rápida posible, minimizando la interrupción para los pasajeros.

c) Modo de emergencia

Se activa ante situaciones excepcionales y graves –incendios, colisiones con vehículos, descarrilamientos o evacuaciones– que requieren una respuesta inmediata. En todos los casos, el personal identifica y reporta la ubicación de la incidencia, se notifica a las autoridades interinstitucionales correspondientes, se evalúa la posibilidad de desvíos o cancelación del servicio, y se prioriza el traslado de usuarios y personal a zonas seguras. El servicio se retoma únicamente una vez que la autoridad competente determina que puede operarse nuevamente sin riesgos. El objetivo de este modo es proteger la vida humana, minimizar los daños materiales y asegurar una rápida recuperación del servicio.

d) Personal requerido

La operación del sistema requiere una estructura organizacional robusta, integrada por personal capacitado en las áreas operativa, comercial, administrativa y de mantenimiento. Todo el personal técnico que opere o auxilie directamente en la operación del equipo ferroviario deberá contar con la Licencia Federal Digital Ferroviaria vigente, conforme al artículo 40 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, y recibir la capacitación y el adiestramiento correspondientes conforme al artículo 41 de la misma Ley.

La plantilla operativa preliminar se estima en 238 personas, distribuidas entre las direcciones de Operación Ferroviaria y Servicios Auxiliares, Estrategia Comercial y Corporativa, Recursos Humanos y Servicios Informáticos, Legal y Auditoría, y Mantenimiento e Ingeniería, además del personal de seguridad en campo:

Tabla I.48. Puesto y cantidades del personal requerido. Elaboración propia.

Dirección / Puesto	Personal
Seguridad en campo	**30**
Dirección de Operación Ferroviaria y Servicios Auxiliares	**128**
Director de Operación	1
Supervisor de Línea	3

CONSULTA PÚBLICA





Dirección / Puesto	Personal
Regulador de Tráfico TTR	3
Regulador de Tráfico TEN	3
Regulador de Equipos de Estación TES	3
Regulador de Equipos de Seguridad	3
Coordinador de Seguridad	3
Regulador de Atención al Usuario	3
Regulador de Información al Usuario	3
Regulador de Información al Usuario y Grabación	3
Ingeniero de Mantenimiento	3
Técnico de Métodos y Planificación. Informes	1
Jefe de Estación/Línea	1
Conductores/Maquinistas	71
Inspectores/Interventores	12
Agentes de Estación Tramo 1	4
Agentes de Seguridad Tramo 1	4
Personal de Atención en Estación	4
Dirección de Estrategia Comercial y Corporativa	**13**
Director de Estrategia y Desarrollo	1
Analista de Planificación Estratégica / Business Intelligence	1
Analista de Desarrollo de Negocio	1
Director Comercial	1
Equipo de Ventas	2
Coordinador de Marketing	2
Especialista en Marketing Digital/Comunicación	1
Responsable de Atención al Cliente	1
Asistentes o Agentes de Atención al Cliente	1
Secretaria	2
Dirección de Recursos Humanos y Servicios Informáticos	**13**
Director de Administración General	1
Asistente de Gestión Documental	1

CONSULTA PÚBLICA





Dirección / Puesto	Personal
Auxiliar de Soporte Administrativo	1
Auxiliar de Archivo y Logística	1
Director de Recursos Humanos	1
Especialista en Reclutamiento y Selección	1
Especialista en Capacitación y Beneficios	1
Especialista en Nómina y Beneficios	1
Director Financiero	1
Jefe de Contabilidad	1
Auxiliar Contable	1
Responsable de Compras	1
Auditor Interno	1
Dirección Legal y Auditoría	**4**
Jefe Legal	1
Administrativo	2
Secretaria	1
Dirección de Mantenimiento e Ingeniería	**29**
Jefe de Mantenimiento	1
Técnico de Mantenimiento – Mecánicos Especializados	4
Técnico de Mantenimiento – Electricistas de Trenes	3
Técnico de Mantenimiento – Electrónicos/Sistemas	2
Supervisores de Turno	2
Jefe de Instalaciones	1
Técnico de Mantenimiento – Técnicos en Señalización	2
Técnico de Mantenimiento – Electricistas de Potencia/Tracción	2
Técnico de Mantenimiento – Técnicos en Comunicaciones	2
Inspector de Mantenimiento	4
Inspector de Vía	3
Inspector de Material Rodante	3
Total de personal	**238**

CONSULTA PÚBLICA





e) Actividades de mantenimiento

El mantenimiento ferroviario comprende el conjunto de acciones técnicas destinadas a conservar o restablecer la infraestructura de vía, el material rodante, los sistemas de señalización, telecomunicaciones y energía en condiciones seguras, confiables y eficientes durante todo su ciclo de vida, conforme a los principios de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) establecidos en la norma EN 50126-1:2017. Se clasifica en mantenimiento rutinario, preventivo, correctivo, predictivo y proactivo.

e.1) Mantenimiento rutinario

Comprende las actividades continuas o periódicas de inspección visual, limpieza, revisión de componentes y detección de anomalías, que permiten identificar oportunamente condiciones que puedan evolucionar hacia una falla y mantener las instalaciones y elementos ferroviarios en condiciones adecuadas de funcionamiento y servicio.

e.2) Mantenimiento preventivo

Consiste en la ejecución periódica y programada de intervenciones técnicas, definidas a partir de intervalos de tiempo, kilometraje o número de ciclos, con el fin de minimizar la probabilidad de falla antes de que ésta ocurra. Comprende principalmente:

Inspección geométrica de vía. Verificación de que el ancho de vía, la alineación, la nivelación longitudinal y transversal, el peralte y el perfil del carril se mantengan dentro de los límites establecidos, mediante equipos manuales o sistemas automatizados de medición.

Rectificación y nivelación de carriles. Corrección de irregularidades geométricas generadas por el desgaste, los asentamientos del balasto o las cargas dinámicas del tráfico.

Sustitución de elementos de fijación. Inspección periódica y reemplazo de los componentes que aseguran el carril a los durmientes cuando presentan desgaste, corrosión o pérdida de propiedades mecánicas.

Renovación de balasto. Reemplazo parcial o total del material pétreo de apoyo de la vía cuando pierde sus propiedades mecánicas o de drenaje.

Lubricación y ajuste de aparatos de vía. Mantenimiento periódico de cambios de aguja y cruzamientos para reducir el desgaste y garantizar el posicionamiento adecuado durante las maniobras de circulación.

e.3) Mantenimiento correctivo

Comprende las acciones ejecutadas después de la ocurrencia de una falla, avería o condición anormal, con el objetivo de restituir la funcionalidad del activo. Se clasifica en correctivo inmediato, cuando la falla compromete la seguridad operacional o interrumpe el servicio y requiere intervención urgente (por ejemplo, fractura de carril o falla crítica en un aparato de vía); y correctivo diferido, cuando, tras detectarse la falla, se detiene el equipo o instalación afectada para repararla posteriormente, una vez gestionados los recursos necesarios. Estas actividades se atienden de manera prioritaria respecto a otros tipos de mantenimiento, con el fin de preservar la disponibilidad del servicio.

CONSULTA PÚBLICA





e.4) Mantenimiento predictivo y basado en condición

Utiliza herramientas de monitoreo y análisis de datos para evaluar el estado de los activos en tiempo real y anticipar posibles fallas antes de que ocurran, mediante técnicas como el análisis de vibraciones, la termografía infrarroja, el monitoreo de cajas de eje, el monitoreo del desgaste del riel y los sistemas de detección en vía (wayside detectors) y de monitoreo continuo de la geometría de la vía.

e.5) Mantenimiento proactivo

Se orienta a identificar y eliminar las causas raíz que originan las fallas, en lugar de corregirlas o anticiparlas únicamente, mediante herramientas como el análisis de causa raíz (RCA), el análisis de modos y efectos de falla (FMEA), la optimización continua del diseño de componentes y procedimientos, y la gestión de la confiabilidad a través de indicadores como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR).

e.6) Clasificación por magnitud de la intervención

Conforme a la complejidad de los trabajos y los recursos requeridos, las actividades de mantenimiento se clasifican en mantenimiento mayor —de alta complejidad técnica, como la sustitución integral de rieles, la renovación de balasto, el reemplazo masivo de durmientes, la rehabilitación de aparatos de vía, la reparación estructural de puentes ferroviarios y la renovación de sistemas de señalización, que se programan con anticipación por su magnitud— y mantenimiento menor, de carácter rutinario y baja complejidad, como las inspecciones visuales, el ajuste de fijaciones, la lubricación de aparatos de vía y la corrección de defectos superficiales, orientado a atender oportunamente pequeñas anomalías antes de que evolucionen hacia fallas mayores.

El programa de actividades de mantenimiento de los sistemas comprenderá, de manera general: la comprobación de que los dispositivos vinculados a la operación funcionen de manera segura; la verificación de que los insumos y piezas de repuesto cumplan con la normativa aplicable; la inspección y evaluación regular de los equipos; la ejecución del mantenimiento conforme a las recomendaciones del fabricante y el análisis de riesgo correspondiente; la verificación del cumplimiento de las medidas correctivas derivadas del mantenimiento; la revisión del equipo nuevo o de reemplazo para garantizar que se ajuste a las especificaciones de diseño; y el establecimiento de parámetros de aceptación y periodos de inspección conforme a las recomendaciones del fabricante, las mejores prácticas de ingeniería y la normativa aplicable.

Estas actividades deberán cubrir cada uno de los subsistemas que integran el sistema ferroviario —infraestructura y vía, estaciones e instalaciones, material rodante, tracción y suministro de energía, señalización, comunicaciones y gestión del tráfico—, cada uno con sus actividades, frecuencias, responsables, recursos, herramientas y criterios de aceptación definidos dentro del Plan de Mantenimiento correspondiente. Todas las labores serán ejecutadas por personal calificado, con las herramientas y piezas adecuadas.

Para el seguimiento y validación de las labores de mantenimiento se llevarán bitácoras foliadas, tanto de mantenimiento preventivo como correctivo, de edificaciones, elementos constructivos, equipos, sistemas e instalaciones, así como de incidentes e inspecciones. Las bitácoras no deberán presentar enmiendas: cualquier corrección se realizará mediante una nueva entrada, sin eliminar ni alterar los registros previos; deberán estar disponibles en todo momento en un sitio accesible para el personal autorizado; y deberán incluir, como mínimo, la instalación, el equipo, la fecha y hora, y la firma del personal que realizó el registro.

CONSULTA PÚBLICA





I.8.3.1. Estimación de la generación de residuos

De manera preliminar y con base en el tipo de obra, se identifican los siguientes residuos, efluentes y emisiones asociados a las distintas etapas del proyecto, cuya cuantificación específica se integrará en una versión posterior del presente apartado.

Residuos sólidos urbanos (RSU). Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se generarán residuos de origen domiciliario (papel, plásticos, restos de alimentos, entre otros), considerados sólidos urbanos no peligrosos, así como residuos de manejo especial asociados a los materiales de obra (bolsas de cemento y cal, embalajes, cajas de madera, entre otros). Para su manejo se prevé la instalación de contenedores metálicos con tapa, rotulados por tipo de residuo (orgánico, inorgánico y valorizable), distribuidos estratégicamente a lo largo de los frentes de trabajo, así como la contratación de un prestador de servicios autorizado para su recolección, transporte y disposición final periódica.

Aguas residuales. De conformidad con el artículo 121 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, no podrán descargarse ni infiltrarse aguas residuales sin previo tratamiento y sin la autorización correspondiente. Por ello, se prevé la instalación de sanitarios portátiles a lo largo de los frentes de trabajo, a razón de al menos uno por cada 15 trabajadores, mismos que contarán con mantenimiento periódico y disposición final a cargo de una empresa autorizada que cuente con convenio con una planta de tratamiento de aguas residuales o de alcantarillado público.

Emisiones a la atmósfera. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se generarán emisiones de gases y partículas a la atmósfera derivadas de la combustión de la maquinaria, el equipo y los vehículos empleados en obra. Para su control se prevé que la maquinaria y los vehículos sean sometidos a un programa de mantenimiento preventivo continuo y a una verificación previa a su ingreso al sitio del proyecto, a fin de que sus emisiones se mantengan dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa aplicable.

Residuos peligrosos (RP). Los residuos peligrosos que en su caso se generen durante la etapa constructiva (por ejemplo, envases de productos químicos, materiales impregnados de hidrocarburos, entre otros) serán segregados y almacenados temporalmente en un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP), en contenedores herméticos y debidamente identificados, conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), para su posterior recolección, transporte y disposición final a cargo de un prestador de servicios autorizado.

No se realizará el mantenimiento de maquinaria o equipo dentro del sitio del proyecto, con el fin de evitar la contaminación del suelo; toda maquinaria y equipo que ingrese a obra deberá contar con mantenimiento preventivo y correctivo vigente realizado fuera del sitio.

CONSULTA PÚBLICA





I.8.3.2. Estimación de la generación de los gases de efecto invernadero

A continuación, se presenta la estimación de la generación de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a las distintas etapas del proyecto, conforme a la metodología de nivel 1 (Tier 1) de las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006) y a los factores de emisión oficiales vigentes en México.

a) Identificación por etapas del proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero

Las principales fuentes generadoras de gases de efecto invernadero (GEI) durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto corresponden a: (i) el cambio de uso de suelo forestal derivado del desmonte y despalme de la cobertura vegetal dentro del derecho de vía, que libera a la atmósfera el carbono almacenado en la biomasa; y (ii) la operación de la maquinaria, el equipo y los vehículos de combustión interna (diésel) empleados en los movimientos de tierras y demás actividades de los distintos frentes de trabajo. Durante la etapa de operación, la fuente identificada corresponde al consumo de energía eléctrica de las estaciones y paraderos, las emisiones asociadas a la tracción de los trenes se determinarán una vez que se defina el sistema correspondiente (electrificado u otro), conforme al proyecto ejecutivo.

b) Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de vapor de agua, CO2, CH4, N2O, CFC, O3, entre otros

La estimación se realizó con el método de nivel 1 (Tier 1) de las Directrices del IPCC (2006, Vol. 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, y Vol. 2 Energía), que consiste en multiplicar el dato de actividad (superficie, volumen o energía) por el factor de emisión correspondiente. Para las fuentes de combustión y de consumo eléctrico se emplearon los factores de emisión oficiales publicados para México: el factor de emisión de combustibles fósiles del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2014, "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México"), y el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional, publicado anualmente por la Comisión Reguladora de Energía con opinión de la SEMARNAT (0.444 tCO2e/MWh, valor vigente más reciente). Dado que a la fecha no se dispone de bitácoras de consumo de combustible, las estimaciones de esta sección son de carácter preliminar y deberán precisarse conforme avance la Ingeniería de Detalle del proyecto.

Emisiones por cambio de uso de suelo forestal (etapa de preparación del sitio). Se aplicó un enfoque de oxidación inmediata (Tier 1), multiplicando la superficie de cada tipo de vegetación forestal de referencia identificada en el apartado de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (121.6205 ha) por su contenido de carbono en biomasa aérea, conforme a valores de referencia para bosque tropical seco y pastizal (IPCC, 2006):

CONSULTA PÚBLICA





Tabla I.49. Estimación por cambio de uso de suelo. Elaboración propia.

Vegetación forestal	Superficie (ha)	Biomas (tC/ha)	Carbono liberado (tC)	Emisión (tCO2)
Selva baja caducifolia	67.6284	44	2,688.6	9,858.4
Pastizal natural	37.3324	5	217.8	798.5
Matorral crasicaule	7.7711	20	156.1	572.2
Vegetación riparia/ Bosque de Galería	7.1231	30	222.9	817.2
Bosque de encino	1.7312	60	103.9	380.9
Total	**121.5862**	---	**3,389.2**	**12,427.1**

El cambio de uso de suelo forestal generará una emisión única, durante la etapa de preparación del sitio, de aproximadamente 12,427 toneladas de CO_2 (tCO_2).

Emisiones por maquinaria y equipo de construcción (etapa de construcción). Se estimaron a partir del volumen de los cortes de mayor magnitud identificados en el trazo (45,384,408 m^3), aplicando un factor paramétrico de consumo de combustible de 1.3 litros de diésel por m^3 de material movido (valor de referencia para operaciones combinadas de excavación y acarreo con maquinaria pesada), y el factor de emisión del diésel automotriz de INECC (2.596 kg CO_2/litro):

- Volumen de material: 45,384,408 m^3
- Consumo estimado de diésel: 58,999,730 L
- **Emisión estimada: 153,163 tCO_2**

Esta estimación corresponde únicamente a los cuatro cortes de mayor magnitud identificados (≥15 m de altura) y no incluye la totalidad de los movimientos de tierra del proyecto, por lo que representa un valor parcial y conservador que deberá completarse cuando se disponga del balance de materiales del proyecto ejecutivo.

c) Resumen de emisiones estimadas

Tabla I.50. Emisiones estimadas. Elaboración propia.

Etapa	Fuente	Tipo de emisión	Estimación
Preparación del sitio	Cambio de uso de suelo forestal	Única	12,427 tCO_2
Construcción	Maquinaria y equipo (movimiento de tierras)	Única	153,163 tCO_2
Operación	Consumo eléctrico (no tracción)	Anual	21,376 tCO_2e/año

CONSULTA PÚBLICA





I.9. BIBLIOGRAFÍA

(C)

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2024). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Diario Oficial de la Federación.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Diario Oficial de la Federación.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2016). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU). Diario Oficial de la Federación.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1992). Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Diario Oficial de la Federación.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Disponibilidad de aguas subterráneas por acuífero. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conagua

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. https://www.conabio.gob.mx

(G)

Gobierno de México. Plan Nacional de Infraestructura. https://www.gob.mx

(I)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). Marco Geoestadístico Nacional. https://www.inegi.org.mx

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Continuo de Elevaciones Mexicano, Uso de Suelo y Vegetación, y Cartografía Topográfica escala 1:50,000. https://www.inegi.org.mx

(S)

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). Normativa aplicable para el proyecto y construcción de vías generales de comunicación ferroviarias. Gobierno de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional. Gobierno de México.

CONSULTA PÚBLICA





Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). Normativa para Infraestructura del Transporte (N-CMT), materiales y calidad de terracerías, subrasante y balasto. Gobierno de México.

CONSULTA PÚBLICA





MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA-R) PARA EL PROYECTO DENOMINADO:

"Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO II

VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

SICT (SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES)
ATTRAPI
(AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO)





ÍNDICE

CAPÍTULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO 13

II.1 LEGISLACIÓN FEDERAL 15

II.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 15

II.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 18

II.1.3 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA) 19

II.1.4 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) 21

II.1.5 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS) 22

II.1.6 Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 24

II.1.7 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR) 28

II.1.8 Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 31

II.1.9 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS) 33

II.1.10 Ley de Aguas Nacionales (LAN) 34

II.1.11 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (RLAN) 36

II.1.12 Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos. 38

II.1.13 Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos 39

II.2 LEGISLACIÓN ESTATAL 40

II.2.1 Constitución Política para el Estado de Guanajuato 40

II.2.2 Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. . 41

II.2.3 Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato 44

II.2.4 Constitución Política del Estado de Jalisco 47

II.2.5 Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco. 49

II.2.5.1 Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco 51

CONSULTA PÚBLICA





II.2.6 Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco 52

II.2.6.1 Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. 54

II.3 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO ..56

II.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 56

II.3.2 Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET) 69

II.3.3 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Irapuato 2025 121

II.3.4 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020 (PMDUOET) 138

II.3.5 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de San Francisco del Rincón 2021 168

II.3.6 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Silao de Victoria 2021 176

II.3.7 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco (POET) 196

II.3.8 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Altos Norte (POER Región Altos Norte) 203

II.3.9 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Región Cuenca Baja del Río Verde (POER Cuenca Baja del Río Verde) 211

II.3.10 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca Río Zula (POER Cuenca Río Zula) 223

II.3.11 Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del Municipio de Zapotlanejo 230

II.3.12 Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) de Tonalá 248

II.4 PROGRAMAS Y/O PLANES DE DESARROLLO URBANO 259

II.4.1 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Irapuato 260

II.4.2 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de León 265

II.4.3 Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Silao de la Victoria 269

II.4.4 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de San Francisco del Rincón 276

II.4.5 Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de San Diego de Alejandría 280

II.4.6 Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza (PMDyG), Arandas 2024-2027 281

CONSULTA PÚBLICA



II.4.7 Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) del municipio de San Ignacio Cerro Gordo 282

II.4.8 Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tepatitlán de Morelos ... 284

II.4.9 Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza (PMDyG) Acatic 2024-2027 Visión 2030 287

II.4.10 Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) Zapotlanejo 288

II.4.11 Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tonalá 290

II.4.12 Programa de Desarrollo Metropolitano y Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del AMG 2024 293

II.4.12.1 Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara (POTmet) 293

II.5 DECRETO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP) O ÁREA DESTINADA VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN (ADVC), ASÍ COMO OTRAS ZONAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL 300

II.5.1 Área Natural Protegida (ANP) 300

II.5.1.1 Áreas Naturales Protegidas de caracter federal 300

II.5.1.2 Área Naturales Protegidas de carácter estatal y municipal 302

II.5.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) 309

II.5.3 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs) 310

II.5.4 Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) 311

¡Error! Marcador no definido.

FIGURA II.32.INCIDENCIA Y CERCANÍA DE LAS UNIDADES DE MANEJO AMBIENTAL (UMA) CON RESPECTO A LA RE Y AP. ELABORACIÓN PROPIA 313

II.5.5 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) 313

II.5.6 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) 315

II.5.7 Sitios RAMSAR 316

II.6 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 318

II.7 LOCALIDAD (ES) CON POBLACIÓN INDÍGENA EN LAS QUE INCIDE EL SITIO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO Y/O SU ZONA DE INFLUENCIA 324

II.8 CONCLUSIONES 325

II.9 BIBLIOGRAFÍA 326

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Ubicación del Proyecto respecto al POEGT. Elaboración propia. 61
Figura II.2. Ubicación del trazo del Proyecto en el PEDUOET de Guanajuato. Elaboración propia.... 71
Figura II.3. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUOET de Irapuato. Elaboración propia. 122
Figura II.4. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUOET León. Elaboración propia. 139
Figura II.5. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUOET de San Francisco del Rincón. Elaboración propia.....169
Figura II.6. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUyOET Silao de la Victoria. Elaboración propia. 177
Figura II.7. Trazo del Proyecto en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco. Elaboración propia.....200
Figura II.8. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Altos Norte y el trazo del Proyecto. Elaboración propia.....204
Figura II.9. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Región Cuenca Baja del Río Verde. Elaboración propia.....214
Figura II.10. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca Río Zula. Elaboración propia. 224
Figura II.11. Mapa de la incidencia del Proyecto con el POEL del Municipio de Zapotlanejo. Elaboración propia.....231
Figura II.12. Mapa de UGA de acuerdo con el POEL de Tonalá y el Trazo del Proyecto. Elaboración propia. 249
Figura II.13. Ubicación del Proyecto de acuerdo con la Zonificación primaria y secundaria del PMDUOET del municipio de Irapuato. Elaboración propia. 261
Figura II.14. Ubicación del Proyecto en la Zonificación Usos y destinos del PMDOUET del municipio de León. Elaboración propia.....266
Figura II.15. Ubicación del Proyecto de acuerdo con la Zonificación primaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria..... 270
Figura II.16. Ubicación del Proyecto de acuerdo con la Zonificación secundaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria..... 271
Figura II.17. Ubicación del Proyecto en la Zonificación primaria y secundaria del PMDUOET del municipio de San Francisco del Rincón. Elaboración propia. 276
Figura II.18. Clasificación de áreas de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de San Ignacio Cerro Gordo.....283
Figura II.19. Clasificación de áreas de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tepatitlán de Morelos. Elaboración propia. 286
Figura II.20. Clasificación de áreas de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zapotlanejo 1 de 2. Elaboración propia.....289
Figura II.21. Clasificación de áreas (zonificación) de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zapotlanejo 2 / 2. Elaboración propia. 289
Figura II.22. Usos de suelo de acuerdo con el PMDU de Tonalá por los que atraviesa el Proyecto. Elaboración propia.....292
Figura II.23. **Zonificación primaria del POTmet para el municipio de Zapotlanejo. Elaboración propia**.....295

CONSULTA PÚBLICA

Figura II.24. **Zonificación primaria del POTmet para el municipio de Tonalá. Elaboración propia.** 295
Figura II.25. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales. Elaboración propia..... 301
Figura II.26. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Estatales y Municipales. Elaboración propia. 303
Figura II.27. Incidencia sobre las zonas del ANP Formación Natural Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde. 306
Figura II.28. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs). Elaboración propia. 310
Figura II.29. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs). Elaboración propia..... 311
Figura II.30.Incidencia y cercanía de las Unidades de Manejo Ambiental (UMA) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia. 313
Figura II.31. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP). 314
Figura II.32. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP). Elaboración propia..... 315
Figura II.33. Incidencias y cercanías del AP respecto a los sitios RAMSAR. Elaboración propia..... 317
Figura II.34. Ubicación del Proyecto, respecto a las localidades indígenas. Elaboración propia..... 324

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Artículos de la LGEEPA aplicables al Proyecto. Elaboración propia. 18
Tabla II.2. Artículos del Reglamento de la LGEEPA aplicables al Proyecto. Elaboración propia. 19
Tabla II.3. Artículos de la LGDFS aplicables al Proyecto. Elaboración propia..... 21
Tabla II.4. Artículos del Reglamento de la LGDFS aplicables al Proyecto. Elaboración propia. 23
Tabla II.5. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables de la LGPGIR. Elaboración propia. 25
Tabla II.6. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables al RLGPGIR. Elaboración propia. 28
Tabla II.7. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables con la LGVS. Elaboración propia. 31
Tabla II.8. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables con el RLGVS. Elaboración propia. 33
Tabla II.9. Vinculación del Proyecto con la LAN. Elaboración propia..... 34
Tabla II.10.. Vinculación del Proyecto con el RLAN. Elaboración propia. 36
Tabla II.11. Vinculación del Proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos. Elaboración propia..... 38
Tabla II.12. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos. Elaboración propia..... 39
Tabla II.13. Vinculación del Proyecto con la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. Elaboración propia. 41
Tabla II.14. Vinculación del Proyecto con la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato. Elaboración propia. 44

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.15. Vinculación del Proyecto con la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco. Elaboración propia..... 49
Tabla II.16. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco. Elaboración propia. 51
Tabla II.17. Vinculación con la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. Elaboración propia..... 52
Tabla II.18. Vinculación con el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. Elaboración propia..... 54
Tabla II.19. Descripción de la UAB 48-Los Altos de Jalisco. Elaboración propia..... 59
Tabla II.20. Descripción de la UAB 50-Sierras y Piedemontes de Guadalajara. Elaboración propia.. 59
Tabla II.21. Descripción de la UAB 51-Bajío Guanajuatense. Elaboración propia..... 60
Tabla II.22. Estrategias sectoriales de las UAB. Elaboración propia..... 60
Tabla II.23. Porcentaje de incidencia dentro del POEGT. Elaboración propia..... 60
Tabla II.24. Políticas y estrategias sectoriales de las UAB. Elaboración propia..... 62
Tabla II.25. Porcentaje de incidencia dentro del PEDUOET de Guanajuato. Elaboración propia..... 71
Tabla II.26. Descripción de la UGAT 197. Aprovechamiento para Asentamiento Humano Urbano en Ciudad Central Elaboración propia.....72
Tabla II.27. Descripción de la UGAT 223. Restauración de Cuerpos de Agua y Ecosistemas Acuáticos. Elaboración propia.....73
Tabla II.28. Descripción de la UGAT 234. Aprovechamiento sujeto a PDMDUOET. Elaboración propia. 74
Tabla II.29. Descripción de la UGAT 241. Aprovechamiento para Asentamiento Urbano en Centro Integrador de Servicios Básicos Urbanos. Elaboración propia.....75
Tabla II.30. Descripción de la UGAT 246. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 76
Tabla II.31. Descripción de la UGAT 255. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 77
Tabla II.32. Descripción de la UGAT 262. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 78
Tabla II.33. Descripción de la UGAT 268. Aprovechamiento para Asentamiento Humano Urbano en Centro Articulador Metropolitano. Elaboración propia.....79
Tabla II.34. Descripción de la UGAT 273. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 80
Tabla II.35. Descripción de la UGAT 277. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 81
Tabla II.36.. Descripción de la UGAT 282. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 82
Tabla II.37. Descripción de la UGAT 286. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 83
Tabla II.38. Descripción de la UGAT 301. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 84
Tabla II.39. Descripción de la UGAT 304. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 85

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.40. Descripción de la UGAT 309. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 86
Tabla II.41. Descripción de la UGAT 313. Aprovechamiento Agropecuario de Agricultura de Riego. Elaboración propia..... 87
Tabla II.42. Descripción de la UGAT 317. Aprovechamiento para Asentamiento Humano Urbano en Centro Articulador Metropolitano Elaboración propia..... 88
Tabla II.43. Descripción de la UGAT 338. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 89
Tabla II.44. Descripción de la UGAT 340. Restauración de ecosistemas. Elaboración propia..... 90
Tabla II.45. Descripción de la UGAT 343. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 91
Tabla II.46. Descripción de la UGAT 350. Aprovechamiento Agropecuario de Agricultura Mixta de Riego-Temporal y Ganadería Extensiva. Elaboración propia..... 92
Tabla II.47. Descripción de la UGAT 359. Aprovechamiento Agropecuario para la Preservación Agrícola. Elaboración propia..... 93
Tabla II.48. Descripción de la UGAT 393. Aprovechamiento Agropecuario para la Preservación Agrícola. Elaboración propia..... 94
Tabla II.49. Descripción de la UGAT 432. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia. 95
Tabla II.50. Descripción de la UGAT 463. Aprovechamiento para Asentamientos Urbano e Ciudad Central. Elaboración propia..... 96
Tabla II.51. Vinculación con los Criterios para Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET). Elaboración propia.....97
Tabla II.52. Vinculación con las estrategias para PEDUOET. Elaboración propia.....107
Tabla II.53. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de Irapuato. Elaboración propia. 122
Tabla II.54. Descripción de la UGAT 393-1 Aprovechamiento Sustentable para la Preservación Agrícola. Elaboración propia.....123
Tabla II.55. Descripción de la UGAT 393-2 Aprovechamiento Sustentable para la Preservación Agrícola. Elaboración propia.....124
Tabla II.56. Descripción de la UGAT 408-1 Aprovechamiento Sustentable para la Consolidación de la actividad industrial. Elaboración propia.....125
Tabla II.57. Descripción de la UGAT 432-2 Aprovechamiento Sustentable para el Crecimiento de los Asentamientos Humanos Urbanos. Elaboración propia.....126
Tabla II.58. Descripción de la UGAT 463-1 Aprovechamiento Sustentable para Consolidación de los Asentamientos Humanos en Ciudad Central. Elaboración propia.....127
Tabla II.59. Descripción de la UGAT 463-2 Aprovechamiento Sustentable para Consolidación de los Asentamientos Humanos en Ciudad Central. Elaboración propia.....128
Tabla II.60. Descripción de la UGAT 463-3 Aprovechamiento Sustentable para Consolidación de los Asentamientos Humanos en Ciudad Central. Elaboración propia.....129
Tabla II.61. Vinculación con los criterios para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato 2025. Elaboración propia.....131
Tabla II.62. Vinculación con las Estrategias para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato 2025. Elaboración propia.....133
Tabla II.63. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de León. Elaboración propia.....138
Tabla II.64. Descripción de la UGAT 12 Urbana. Elaboración propia.....139
Tabla II.65. Descripción de la UGAT 20 Patrimonio Cultural. Elaboración propia.....141

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.66. Descripción de la UGAT 2 Urbana. Elaboración propia. 141
Tabla II.67. Descripción de la UGAT 29 Restauración de Cuerpos de Agua y Ecosistemas Acuáticos. Elaboración propia 143
Tabla II.68. Descripción de la UGAT 30 Industrial. Elaboración propia 144
Tabla II.69. Descripción de la UGAT 31 Industrial. Elaboración propia 145
Tabla II.70. Descripción de la UGAT 32 Asentamientos Humanos. Elaboración propia 146
Tabla II.71. Descripción de la UGAT 33 Industrial. Elaboración propia 146
Tabla II.72. Descripción de la UGAT 34 Industrial. Elaboración propia. 147
Tabla II.73. Descripción de la UGAT 36 Industrial. Elaboración propia. 148
Tabla II.74. Descripción de la UGAT 37 Agricultura de Temporal, Agricultura de Riego y Agropecuario. Elaboración propia 149
Tabla II.75. Descripción de la UGAT 42 Agricultura de Temporal/ Agricultura de Riego. Elaboración propia. 151
Tabla II.76. Vinculación con los Criterios para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020. Elaboración propia. 153
Tabla II.77. Vinculación con las Estrategias para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020. Elaboración propia. 160
Tabla II.78. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de San Francisco del Rincón. Elaboración propia. 168
Tabla II.79. Descripción de la UGAT 246 SFCO_20. Elaboración propia 169
Tabla II.80. Descripción de la UGAT 268 SFCO_01_A. Elaboración propia 170
Tabla II.81. Descripción de la UGAT 313 SFCO_21, Elaboración propia. 170
Tabla II.82. Vinculación con los criterios para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de San Francisco del Rincón 2021. Elaboración propia. 171
Tabla II.83. **Descripción de la UGAT 32. Elaboración propia.** 177
Tabla II.84. **Descripción de la UGAT 33. Elaboración propia.** 178
Tabla II.85. **Descripción de la UGAT 35. Elaboración propia.** 178
Tabla II.86. **Descripción de la UGAT 38. Elaboración propia.** 179
Tabla II.87. **Descripción de la UGAT 41. Elaboración propia.** 179
Tabla II.88. **Descripción de la UGAT 47. Elaboración propia.** 180
Tabla II.89. **Descripción de la UGAT 50. Elaboración propia.** 180
Tabla II.90. **Descripción de la UGAT 56. Elaboración propia.** 181
Tabla II.91. **Descripción de la UGAT 71. Elaboración propia.** 181
Tabla II.92. **Descripción de la UGAT 84. Elaboración propia.** 182
Tabla II.93. **Descripción de la UGAT 87. Elaboración propia** 182
Tabla II.94. **Descripción de la UGAT 95. Elaboración propia.** 183
Tabla II.95. **Descripción de la UGAT 143. Elaboración propia.** 184
Tabla II.96. **Descripción de la UGAT 145. Elaboración propia.** 184
Tabla II.97. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de Silao de Victoria. Elaboración propia. 185
Tabla II.98. **Vinculación con los Criterios para el PMDUyOET de Silao de Victoria. Elaboración propia** 186
Tabla II.99. Descripción de la UGA Ag_3146A. Elaboración propia. 197
Tabla II.100. Descripción de la UGA Ag_4127A. Elaboración propia 197
Tabla II.101. Descripción de la UGA Ah_4136C. Elaboración propia. 197
Tabla II.102. Descripción de la UGA Anp_3209P. Elaboración propia 198

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.103. Descripción de la UGA Ff_5140R. Elaboración propia....198
Tabla II.104. Descripción de la UGA P_3156A. Elaboración propia....199
Tabla II.105. Descripción de la UGA P_4162R. Elaboración propia....199
Tabla II.106. Porcentaje de incidencia dentro del POET de Jalisco. Elaboración propia....199
Tabla II.107. Criterios ecológicos del POET Jalisco de Infraestructura y su vinculación con el Proyecto. Elaboración propia....200
Tabla II.108. Porcentaje de incidencia dentro del POER Región Altos Norte. Elaboración propia...203
Tabla II.109. Usos y criterios de la UGA Ff_237R. Elaboración propia....204
Tabla II.110. Descripción de la UGA Ff2 37 R – Escalones de Alejandría. Elaboración propia....205
Tabla II.111. Usos y criterios de la UGA Ff_342A. Elaboración propia....206
Tabla II.112. Descripción de la UGA Ff342A – Valles de Tlacuitapan – San Diego de Alejandría. Elaboración propia....206
Tabla II.113. Vinculación con las UGA (criterios) del POER Región Altos Norte. Elaboración propia. 207
Tabla II.114. Porcentaje de incidencia dentro del POER Cuenca Baja del Río Verde. Elaboración propia. 214
Tabla II.115. Vinculación del Proyecto con los criterios para Infraestructura de las UGAS de la Cuenca Baja del Río Verde. Elaboración propia....215
Tabla II.116. Porcentaje de incidencia dentro del POER Cuenca Río Zula. Elaboración propia....225
Tabla II.117. Vinculación de las UGA (criterios) de la Cuenca del Río Zula. Elaboración propia....226
Tabla II.118. Porcentaje de incidencia dentro del POEL Zapotlanejo. Elaboración propia....231
Tabla II.119. UGA An_4 124-031 C. Elaboración propia....232
Tabla II.120. Descripción de la UGA An_4 124-031 C. Elaboración propia....232
Tabla II.121. UGA Ag_2 124-043 A. Elaboración propia....233
Tabla II.122. Descripción de la UGA Ag_2 124-043 A. Elaboración propia....233
Tabla II.123. UGA Ag_1 124-034 A. Elaboración propia....234
Tabla II.124. Descripción de la UGA Ag_1 124-034 A. Elaboración propia....234
Tabla II.125. UGA Ag_1 124-049 A. Elaboración propia....235
Tabla II.126. Descripción de la UGA Ag_1 124-049 A. Elaboración propia....235
Tabla II.127. UGA Ag_1 124-036 A. Elaboración propia....236
Tabla II.128. Descripción de la UGA Ag_1 124-036 A. Elaboración propia....236
Tabla II.129. UGA An_5 124-048 P. Elaboración propia....237
Tabla II.130. Descripción de la UGA An_5 124-048 P. Elaboración propia....237
Tabla II.131. UGA Ag_2 124-013 A. Elaboración propia....238
Tabla II.132. Descripción de la UGA Ag_2 124-013 A. Elaboración propia....238
Tabla II.133. UGA P_4 124-037 A. Elaboración propia....239
Tabla II.134. Descripción de la UGA P_4 124-037 A. Elaboración propia....239
Tabla II.135. UGA An_5 124-001 A. Elaboración propia....240
Tabla II.136. Descripción de la UGA An_5 124-001 P. Elaboración propia....240
Tabla II.137. UGA Ah_1 124-042 A. Elaboración propia....241
Tabla II.138. Descripción de la UGA Ah_1 124-042 A. Elaboración propia....241
Tabla II.139. UGA An_4 124-022 C. Elaboración propia....242
Tabla II.140. Descripción de la UGA An4 124-022 C. Elaboración propia....242
Tabla II.141. Vinculación con los criterios aplicables de las UGA del POEL Zapotlanejo. Elaboración propia....243
Tabla II.142. Ficha técnica de la UGA ANP_3 101-01-P. Elaboración propia....250

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.143. Ficha técnica de la UGA Fo_2 101-26-R. Elaboración propia.....251
Tabla II.144. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-27-A. Elaboración propia.....253
Tabla II.145. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-32-A. Elaboración propia.....254
Tabla II.146. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-35-A. Elaboración propia.....255
Tabla II.147. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-39a-A. Elaboración propia.....256
Tabla II.148. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-39b-A. Elaboración propia.....257
Tabla II.149. Vinculación del Proyecto con Usos y Destinos del Municipio de Irapuato. Elaboración propia.....262
Tabla II.150. Vinculación del Proyecto con Usos y Destinos del Municipio de León. Elaboración propia.....267
Tabla II.151. **Vinculación del Proyecto con la Zonificación primaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria. Elaboración propia**.....271
Tabla II.152. **Vinculación del Proyecto con la Zonificación secundaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria. Elaboración propia**.....272
Tabla II.153. Vinculación del Proyecto con Usos y Destinos del Municipio de Irapuato. Elaboración propia.....277
Tabla II.154. Clasificación de áreas que inciden en el área del Proyecto, de acuerdo al PMDU de San Ignacio Cerro Gordo. Elaboración propia.....282
Tabla II.155. Clasificación de áreas que inciden en el área del Proyecto, de acuerdo con el PMDU de Zapotlanejo. Elaboración propia.....288
Tabla II.156. **Vinculación del proyecto con la Zonificación primaria del POTmet. Elaboración propia**.....296
Tabla **II.**157. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales conforme al análisis SIGEIA (2026)**.....301
Tabla **II.**158. **Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales conforme al análisis SIGEIA (2026).**.....302
Tabla II.159. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.....308
Tabla **II.**160. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026)**.....309
Tabla **II.**161. **Incidencias y cercanías del AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026).**.....310
Tabla **II.**162. **Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026).**.....312
Tabla **II.**163. **Incidencias y cercanías del AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**.....314
Tabla **II.**164. **Incidencias y cercanías del AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**.....315
Tabla **II.**165. **Incidencias y cercanías del AP respecto a Sitios Ramsar conforme al análisis SIGEIA (2026).**.....316
Tabla II.166. Vinculación de las Normas Oficiales Mexicanas con el Proyecto. Elaboración propia.318
Tabla II.167. Localidades cercanas al área del Proyecto. Elaboración propia.....325

CONSULTA PÚBLICA



ACRÓNIMOS

AMG: Área Metropolitana de Guadalajara.
AP: Área del Proyecto.
CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.
CPEUM: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
CUSTF: Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.
DDV: Derecho de Vía.
DOF: Diario Oficial de la Federación.
ETJ: Estudio Técnico Justificativo.
FFM: Fondo Forestal Nacional.
IMEPLAN: Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo.
INAH: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
LAN: Ley de Aguas Nacionales
LFMZAAH: Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos.
LGDFS: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
LGPGIR: Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
LGVS: Ley General de Vida Silvestre.
MIA: Manifestación de Impacto Ambiental.
MIA-R: Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional.
NOM: Norma Oficial Mexicana.
PEDUOET: Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato.
POEGT: Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
POETJ: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco.
RE: Región Ecológica.
RLGDFS: Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
RLGEEPA: Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
RLGPGIR: Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
RLGVS Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.
SEDATU: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.
SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social.
SEMADET: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (Jalisco).
SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SIGAT: Sistema de Información Geográfica para la Planeación Territorial.
UGAT: Unidades de Gestión Ambiental y Territorial.
ZMG: Zona Metropolitana de Guadalajara.

CONSULTA PÚBLICA





CAPÍTULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

En este capítulo se identifican, describen y vinculan los instrumentos normativos, de planeación y política ambiental; en los ámbitos federal, regional, estatal y municipal, así como los ordenamientos jurídicos que regulan el uso del suelo. Dado que el trazo del "Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500, Sección: 0+000 al 245+500" (en adelante el Proyecto) constituye un sistema de infraestructura lineal que cruza los estados de Guanajuato y Jalisco, abarcando en territorio guanajuatense los municipios de Irapuato, León, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, Silao de la Victoria y Unión de San Antonio, y en Jalisco los municipios de Acatic, Arandas, San Diego de Alejandría, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Tonalá y Zapotlanejo. La presente evaluación se fundamenta en su ubicación geográfica y en las actividades descritas en el Capítulo I. A continuación, se presenta una breve síntesis de los componentes del proyecto en comento.

El proyecto "Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500" consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una nueva línea férrea destinada al transporte de pasajeros, con una longitud aproximada de 245.5 km, que conectará la ciudad de Irapuato, en el estado de Guanajuato, con la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco. El Área del Proyecto (AP) tiene una superficie total de 973.9649 ha (9,739,649.58 m²), calculada en QGIS bajo la proyección EPSG:6372 (México ITRF2008), equivalente a 983.4470 ha conforme a la metodología de cálculo del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA), y su trazo incide sobre 12 municipios distribuidos en dos entidades federativas: cinco en el estado de Guanajuato (Irapuato, Silao de la Victoria, León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón) y siete en el estado de Jalisco (San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic, Zapotlanejo y Tonalá). El trazo inicia en el Pk 0+000, en la zona del patio ferroviario de Irapuato, Guanajuato, y concluye en el Pk 245+500, en el municipio de Tonalá, Jalisco. De manera general, el proyecto integra de:

- 1 plataforma ferroviaria (conformada por terraplén, corte, tierra armada).
- 17 viaductos.
- 7 estaciones y paraderos de pasajeros.
- 371 obras de cruce hidráulico:
  289 obras de Drenaje Transversal (ODTs).
  82 puentes.
- 33 tramos de Obras de Drenaje Longitudinal.
- 23 pasos peatonales.
- 96 pasos superiores e inferiores:
  - 15 Pasos Superiores Ganaderos.
  - 49 Pasos superiores ferroviarios.

CONSULTA PÚBLICA





- 12 Pasos inferiores ganaderos.
- 20 Pasos inferiores ferroviarios.

Lo anterior tiene como propósito demostrar la congruencia de las acciones proyectadas, garantizar que su desarrollo se realice en estricto apego al marco legal vigente y confirmar su viabilidad jurídica y normativa en materia ambiental en cada una de las jurisdicciones involucradas. Este análisis se articula con el Capítulo IV de la presente manifestación, donde se detallan e implementan las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación diseñadas para atender los posibles impactos derivados de cada una de las etapas del Proyecto. Por ello, a continuación, se presenta la vinculación técnico-jurídica con los instrumentos aplicables y vigentes

CONSULTA PÚBLICA



II.1 LEGISLACIÓN FEDERAL

II.1.1 *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*

Fecha de expedición: 5 de febrero de 1917.
Fecha de última reforma: 02 de febrero de 2026.
Fuente de consulta y publicación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

El documento legal fundamental de México es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, redactada en 1917 que ha sufrido algunas modificaciones desde entonces. La última reforma de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fue publicada el 02 de febrero del 2026 en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

Es en sus Artículos 4, 25, 27 y 28 están contenidos los principales aspectos que determinan el papel del Estado Mexicano en el campo de los recursos naturales en general y de la energía en particular.

> ***Artículo 4*** *...Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*
>
> ***Artículo 25:*** *Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución. La competitividad se entenderá como el conjunto de condiciones necesarias para generar un mayor crecimiento económico, promoviendo la inversión y la generación de empleo*

Así mismo, expresa que:

> *"el Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución" y que "al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación."*

Igualmente, puntualiza que el Estado:

> *"podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo" y que "la ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución".*

VINCULACIÓN:

Por lo tanto, el Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, llevará a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés

CONSULTA PÚBLICA

público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente. Con observación en el marco de libertades que otorga la Constitución.

> ***Artículo** 27: "la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada." "corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos."*

...En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; ...

VINCUALCIÓN:

Motivo por el que, cualquier obra o actividad que implique la influencia al medio ambiente, conlleva la necesidad de demostrar su viabilidad ambiental y, en su caso, la adopción de las medidas de prevención y control ambiental previstas en las disposiciones reglamentarias de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Este artículo también establece que se:

> *"podrán otorgar subsidios a actividades prioritarias, cuando sean generales, de carácter temporal y no afecten sustancialmente las finanzas de la Nación."*
>
> ***Artículo** 28: "En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes"; pero también puntualiza que "no constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva" en áreas consideradas estratégicas, como petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de electricidad, para lo cual "el Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo y en las actividades de carácter prioritario donde, de acuerdo con las leyes, participe por sí o con los sectores social y privado."*

Aunado a lo anterior, resulta importante atender lo dispuesto por las leyes locales, en virtud de que el Pacto Federal prevé la formulación de un marco normativo, en el que la concurrencia de las autoridades se encuentra implícita, tanto en materia de protección y conservación de los recursos naturales como en materia de aprovechamiento sustentable de los mismos. En efecto la Carta Magna, prevé lo siguiente:

> ***Artículo** 73. El Congreso tiene facultad: (...)*
> ***Fracción XXIX-G.** Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico; ...*

CONSULTA PÚBLICA



VINCULACIÓN:

En ese sentido, cualquier actividad también debe llevarse a cabo acorde a las disposiciones del **régimen municipal**, principalmente aquellas relacionadas con los **usos del suelo**, toda vez que, la Constitución Política de México, otorga plena jurisdicción a los Gobiernos Municipales sobre la regulación del uso del suelo municipal y las actividades humanas que se efectúan en su territorio. Lo anterior, de acuerdo con lo previsto en el siguiente dispositivo legal:

> ***Artículo 115.*** *...*
> *los Estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el Municipio Libre, conforme a las bases siguientes: ...*
> ***Fracción V.*** *Los Municipios, en los términos de las leyes Federales y Estatales relativas, estarán facultados para:*
> • ***Inciso a)*** *Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;*
> • ***Inciso b)*** *Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;*
> • ***Inciso c)*** *Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren Proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios;*
> • ***Inciso d)*** *Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;*
> • ***Inciso e)*** *Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;*
> • ***Inciso f)*** *Otorgar licencias y permisos para construcciones;*
> • ***Inciso g)*** *Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia; Convenios internacionales y nacionales*

Derivado de la reforma constitucional de 2011, el Artículo 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en la propia Constitución y en las garantías para su protección, cuyo ejercicio no puede restringirse ni suspenderse salvo en los casos y bajo las condiciones que ella misma señala. Por lo anterior, la normatividad ambiental aplicable adquiere especial relevancia para el Proyecto, por lo que a continuación se destacan los instrumentos normativos pertinentes para el caso en particular:

CONSULTA PÚBLICA



II.1.2 *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*

Fecha de expedición: 28 de enero de 1988.
Fecha de última reforma: 19 de enero de 2026.
Fuente de consulta y publicación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

A continuación, se transcriben los artículos relevantes para el análisis de la vinculación del Proyecto a la legislación vigente, señalando la forma en que el Promovente y el Proyecto cumplen con lo señalado en la LGEEPA.

Tabla II.1. Artículos de la LGEEPA aplicables al Proyecto. Elaboración propia.

ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 5. Son facultades de la Federación: .... **X.-** La evaluación del impacto ambiental de las obras o Actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.	En estricto cumplimiento con las atribuciones conferidas a la Federación en materia de evaluación del impacto ambiental, el promovente ha sometido el Proyecto al procedimiento correspondiente de conformidad con la normatividad ambiental aplicable. Lo anterior tiene como finalidad que la autoridad competente evalúe las obras y actividades proyectadas y, en su caso, expida la autorización en materia de impacto ambiental que sustente la legalidad y viabilidad ambiental del Proyecto en todas sus etapas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría, Párrafo I y VII: I.- Obras hidráulicas, **vías generales de comunicación**, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos; VII.- **Cambios de uso del suelo de áreas forestales**, así como en selvas y zonas áridas; ... X.- Obras o actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus zonas litorales o zonas federales...	Dando cumplimiento con los Artículos anteriores, el promovente entrega ante esta secretaria, la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) del Proyecto y una vez ingresada se dará seguimiento a la elaboración y presentación del Estudio Técnico Justificativo (ETJ) para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). Asimismo, en el caso de las incidencias con zonas federales, se realizarán las gestiones correspondientes ante la CONAGUA para la solicitud de las superficies que correspondan a la Federación. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente. Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al Proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que ésta, en un plazo no mayor de 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley. Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo serán establecidos por el Reglamento de la presente Ley.	Este documento, demuestra que el Proyecto da cabal cumplimiento a lo dispuesto por la LGEEPA, ya que, uno de los principales propósitos de ésta, es el de normar la operatividad de los giros de su competencia, para que exista un verdadero desarrollo ambiental programado y fundado en un proceso reglamentado mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social, que tiendan a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, mediante la aplicación de medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de recursos naturales; fortaleciendo siempre las políticas, programas, normas y acciones destinadas a mejorar el ambiente, a prevenir y controlar su deterioro. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



Dando cumplimiento con los Artículos anteriores, el promovente entrega ante esta secretaria, la MIA-R del Proyecto y una vez ingresada se dará seguimiento a la elaboración y presentación del ETJ para el CUSTF.

II.1.3 *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA)*

Fecha de expedición: 30 de mayo de 2000.
Fecha de última reforma: 31 de septiembre de 2014.
Fuente de consulta y publicación:
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Este Reglamento de Ley está orientado a la evaluación en materia del Impacto Ambiental de aquellas obras, actividades e infraestructura a realizarse en el territorio nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Tabla II.2. Artículos del Reglamento de la LGEEPA aplicables al Proyecto. Elaboración propia.

ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 5º: Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de Impacto Ambiental: ... **B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:** Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, **vías férreas**, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales... **O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:** I. **Cambio de uso del suelo** para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, **de vías generales de comunicación** o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1,000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables; **R) OBRAS O ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:** I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas;	El presente Proyecto se refiere a las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento que se requieren para la instalación del tren, por lo que, a través de este documento y dando cumplimiento con el Artículo anterior, el promovente presenta ante esta Secretaría, la MIA-R del Proyecto y posteriormente se entregará el ETJ para el CUSTF. Asimismo, en el caso de las incidencias con zonas federales, se realizarán las gestiones correspondientes ante la CONAGUA para la solicitud de las superficies que correspondan a la Federación. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 9º: Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del Proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.	El promovente del Proyecto ferroviario ratifica su compromiso con el cumplimiento de la normativa federal, asegurando la integración de una MIA que cumple rigurosamente con las especificaciones técnicas y metodológicas del reglamento. Este instrumento garantiza un análisis exhaustivo de la RE, permitiendo la estructuración armónica de Medidas prevención, mitigación, restauración y compensación, el cual se implementará de manera suficiente y eficaz a lo largo de todas

CONSULTA PÚBLICA



ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	las etapas del Proyecto para asegurar su viabilidad ambiental. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad **regional** cuando se trate de: **I.** Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y **vías férreas**, Proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, Proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;	Por su naturaleza y alcance, el Proyecto ferroviario se ha gestionado mediante una MIA en modalidad **Regional**, lo que permite una evaluación integral de los impactos acumulativos y sinérgicos del trazo. Bajo este esquema, se implementan medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación que garantizan la preservación sistemática y el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas que interactúan con la obra. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad **regional**, deberá contener la siguiente información: **I.** Datos generales del Proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; **II.** Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; **III.** Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; **IV.** Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; **V.** Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; **VI.** Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; **VII.** Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y **VIII.** Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.	Siguiendo las disposiciones de la **guía oficial**[1] en la materia publicada por la Secretaría, el Proyecto ferroviario federal estructura su MIA-R integrando rigurosamente los contenidos exigidos por este artículo. El expediente detalla la descripción de las obras y su vinculación con la planeación, caracteriza la RE reconociendo sus tendencias y problemáticas, y presenta un análisis profundo de los impactos acumulativos y residuales. También se, incorpora las estrategias de prevención y mitigación, los pronósticos ambientales y los elementos técnicos y metodológicos que respaldan la viabilidad ecológica de la obra a lo largo de su trazo. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 57: En los casos en que se lleven a cabo obras o actividades que requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental conforme a la Ley y al presente Reglamento, sin contar con la autorización correspondiente, la Secretaría, con fundamento en el Título Sexto de la Ley, ordenará las medidas correctivas o de urgente aplicación que procedan. Lo anterior, sin perjuicio de las sanciones administrativas y del ejercicio de las acciones civiles y penales que resulten aplicables, así como de la imposición de medidas de seguridad que en términos del artículo anterior procedan. Para la imposición de las medidas de seguridad y de las sanciones a que se refiere el párrafo anterior, la Secretaría deberá determinar el grado de afectación ambiental ocasionado o que pudiera ocasionarse por la realización de las obras o actividades de que se trate. Asimismo, sujetará al procedimiento de evaluación de impacto ambiental las obras o actividades que aún no hayan sido iniciadas.	Este artículo establece el marco de corresponsabilidad y estricto cumplimiento legal que rige el desarrollo del Proyecto federal. Como medida de prevención operativa para evitar pasivos ambientales, contingencias o incumplimientos normativos que deriven en medidas de seguridad, el Proyecto incorpora medidas y protocolos operativos estrictos, asegurando que cualquier eventualidad sea atendida con la diligencia exigida por la normatividad ambiental federal. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

La evaluación y correlación de los artículos presentados demuestran que el Proyecto se apega de manera rigurosa al marco jurídico ambiental vigente. Mediante la presentación de la MIA y los ETJ para el CUSTF, el promovente da cumplimiento formal a las atribuciones de la Federación y a las disposiciones que regulan las vías generales de comunicación y la protección de los recursos forestales. La planeación del Proyecto integra un conjunto estructurado de

[1] El 1 de abril de 2026, la SEMARNAT publicó en el DOF el Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas de simplificación administrativa aplicadas, se expiden y modifican los formatos de los trámites a cargo de la Secretaría en materia de impacto ambiental. Junto con este acuerdo, la dependencia oficializó la nueva guía para la presentación y entrega de la MIA, aplicable tanto para su modalidad particular como regional, la cual se alinea con la reestructuración de trámites que entraron en vigor en abril de este año.

CONSULTA PÚBLICA



medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración, asegurando que las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento se desarrollen bajo criterios de sustentabilidad, protección de la biodiversidad y respeto al equilibrio ecológico en todas las jurisdicciones que comprende su trazo.

II.1.4 *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)*

Fecha de expedición: 05 de junio de 2018.
Fecha de última reforma: 01 de abril de 2024
Fuente de consulta y publicación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf

Esta ley, es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Sus disposiciones son de orden e interés público, siendo de observancia general en todo el territorio nacional. Su objeto es regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal que correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX inciso G) de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Cuando se trate de recursos forestales cuya propiedad o legítima posesión corresponda a los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas se observará lo dispuesto por el artículo 2o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Una consideración importante es lo previsto por dicha ley respecto del Cambio de Uso del Suelo de los Terrenos Forestales (CUSTF), que particularmente prevé lo siguiente:

Tabla II.3. Artículos de la LGDFS aplicables al Proyecto. Elaboración propia.

ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 7... **Fracción VI.** Cambio de uso del suelo en terrenos forestales: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales; **Fracción LXXI. Terreno forestal:** Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales **Fracción LXXX. Vegetación forestal:** Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales	Derivado de las actividades constructivas y de preparación del sitio, el Proyecto contempla la remoción parcial o total de la vegetación presente en superficies que, conforme a la LGDFS, se clasifican como terrenos forestales o están cubiertas por vegetación forestal y secundaria nativa. Por lo anterior, y en estricto cumplimiento de la normatividad ambiental forestal, el promovente tramitará la autorización correspondiente en materia de CUSTF ante la autoridad competente, implementando simultáneamente las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación; necesarias para mitigar la pérdida de biomasa y los servicios ambientales asociados. Es importante mencionar que el promovente presentará ante esta secretaría, el ETJ para CUSTF del Proyecto, de acuerdo con lo estipulado en la LGDFS y su Reglamento. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad	En cumplimiento con lo establecido en este Articulo, el Proyecto ha integrará el ETJ correspondiente para solicitar la autorización de CUSTF por excepción. Dichos estudios demuestran técnicamente que las acciones de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental propuestas; tales como el rescate y reubicación de flora y fauna, la reforestación lineal, el mantenimiento de obras de drenaje y el manejo de suelos, garantizan la permanencia de la biodiversidad y la mitigación efectiva del deterioro de la calidad del agua, la erosión de los

CONSULTA PÚBLICA



ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.	suelos y la capacidad de almacenamiento de carbono. De esta manera, el Proyecto asegura que los impactos derivados de la remoción de la vegetación forestal sean compensados, manteniendo la funcionalidad y los servicios ambientales del ecosistema en la Región ecológica (RE). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 97. No se podrá otorgar autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales donde la pérdida de cubierta forestal fue ocasionada por incendio, tala o desmonte sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado, mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley.	En este Artículo, también prevé como condición para el otorgamiento de las autorizaciones del CUSTF en terrenos que no hayan sido incendiados recientemente. Si lo fueron, para que sea procedente la autorización se requiere que hayan transcurrido más de 20 años desde el evento y que se demuestre que el ecosistema se ha regenerado totalmente. Al respecto, es importante mencionar que los terrenos en los que se construirá el Proyecto no han sido incendiados, por lo que, no se cumple este criterio de improcedencia. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 98. Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del Proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.	En cumplimiento a lo previsto en este artículo, en su momento el promovente acreditará la realización del pago o depósito ante el Fondo Forestal Nacional (FFM), para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento y la propia Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

Derivado de la revisión detallada de las disposiciones en materia forestal demuestra que el Proyecto reconoce plenamente las implicaciones derivadas de la remoción de biomasa y vegetación nativa en terrenos forestales. A través de la posterior integración del ETJ y la solicitud de la autorización de CUSTF, el Proyecto garantiza que los impactos negativos sobre la biodiversidad, la erosión de los suelos y la capacidad de almacenamiento de carbono sean prevenidos, mitigados y compensados de manera rigurosa. El cumplimiento de los criterios de exclusión por incendios y la realización de los depósitos correspondientes ante el FFM reafirman el compromiso del promovente con la legalidad ambiental, la sustentabilidad y la restauración de los ecosistemas en las regiones que atraviesa la infraestructura ferroviaria.

II.1.5 *Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)*

Fecha de expedición: 21 de febrero de 2005.
Fecha de última reforma: 31 de septiembre de 2014
Fuente de consulta y publicación:
https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/juridico/reglamentos/Reg_LGDFS.pdf

Este reglamento, tiene por objeto desarrollar o reglamentar las disposiciones de la LGDFS en el ámbito de la competencia federal, en cuanto se refiere a los instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como la conservación, protección y restauración de estos. Las atribuciones en materia forestal y de cambios de uso de suelo forestales están a su vez asignadas, a la SEMARNAT, en el **artículo 93** de la **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable** y en los **artículos 138, 139, 141**, de su reglamento.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.4. Artículos del Reglamento de la LGDFS aplicables al Proyecto. Elaboración propia.

ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 138. Los Terrenos forestales seguirán considerándose como tales, aunque pierdan su cubierta forestal por acciones ilícitas, Plagas, Enfermedades, Incendios, deslaves, huracanes o cualquier otra causa.	El promovente reconoce y acepta que, de acuerdo con lo estipulado en este Artículo, los terrenos que integran el Área del Proyecto (AP) conservan su carácter de terrenos forestales independientemente de su estado actual de cobertura vegetal, ya sea que esta se haya visto afectada por causas naturales, plagas, enfermedades o factores climáticos. Por lo tanto, el Proyecto aborda la gestión de estos predios bajo el régimen forestal vigente, asumiendo la responsabilidad de tramitar los permisos de CUSTF y ejecutar las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación correspondientes, independientemente de la condición de la vegetación en el momento de la intervención, garantizando así la plena observancia del marco normativo ambiental. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 139. Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: **I.** Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; **II.** Lugar y fecha; **III.** Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y **IV.** Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: **I.** Copia simple de la identificación oficial del solicitante; **II.** Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo; **III.** Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo; **IV.** Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y **V.** El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital.	Tratándose de un Proyecto ferroviario federal cuyo trazo y el DDV atraviesan superficies con cobertura forestal, el promovente reconoce la obligación de gestionar formalmente la autorización de CUSTF ante la autoridad ambiental federal. Para dar cumplimiento a los requerimientos de este artículo, el Proyecto integra la información legal y cartográfica de los predios afectados, respaldada por el ETJ correspondiente. Este instrumento técnico se vincula directamente con las Medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación (incluidas en el Capítulo IV), garantizando que la remoción de vegetación cuente con un sustento técnico riguroso y medidas equivalentes de compensación ambiental. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 141. Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente: **I.** Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno; **II.** Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georreferenciados y expresados en coordenadas UTM; **III.** Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos desuelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos; **IV.** Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;	El promovente presentará ante esta secretaría, el ETJ para CUSTF del Proyecto para su evaluación. La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georreferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de CUSTF, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.

CONSULTA PÚBLICA



ARTICULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales; **VI.** Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal; **VII.** Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo; **VIII.** Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo; **IX.** Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo; **X.** Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo; **XI.** Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto; **XII.** Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; **XIII.** Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; **XIV.** Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y **XV.** Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas.	**CUMPLIMIENTO:** **COMPENSACIÓN** - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*

La integración y análisis de los artículos aplicables garantizan que el Proyecto mantenga un estricto apego al marco jurídico forestal. Al reconocer la condición jurídica de los terrenos forestales; independientemente de su estado de cobertura, cumplir con los requisitos formales de ingreso y presentar de manera detallada el ETJ, el promovente asegura que las actividades de preparación y construcción se realicen bajo estrictos estándares de planeación.

La vinculación de estos preceptos con medidas operativas concretas, como el rescate de flora y fauna, la reforestación y el cumplimiento de las metas de supervivencia biológica, ratifica el compromiso institucional de mitigar los impactos ambientales y fomentar la sustentabilidad a lo largo de las regiones que comprende el sistema ferroviario.

II.1.6 *Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*

Fecha de expedición: 08 de octubre de 2003.
Fecha de última reforma: 19 de enero de 2026
Fuente de consulta y publicación:
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

Esta Ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

CONSULTA PÚBLICA



Para efecto de esta Ley, de conformidad con el artículo 5, se entiende por Residuo, el material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

Tabla II.5. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables de la LGPGIR. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 40. Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven. En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de esta ley, en lo que resulten aplicables.	El Proyecto es congruente con este precepto, en virtud de que los residuos que se generen de las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento, se identificarán, clasificarán y manejarán conforme a lo establecido en la legislación y en las normas oficiales mexicanas vigentes federales y estatales, mediante la implementación del correcto manejo integral de los residuos, de la siguiente forma: **Minimización** -Se evitarán excesos de materiales residuales con la planeación y estimación adecuada de las actividades y materiales requeridos para estas actividades. -Se concientizará y/o capacitará a trabajadores, empleados y residentes para el manejo de residuos. **Separación** -Se separarán los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en reciclables (preferentemente por tipo de residuo) y no reciclables (de acuerdo con la normatividad federal, estatal y municipal). -Se separarán los residuos peligrosos con base en sus características de riesgo. -Se evitará mezclar residuos peligrosos con residuos sólidos urbanos o de manejo especial. **Acopio y almacenamiento temporal** -Dentro del Almacén Temporal de Residuos se usarán contenedores adecuados para el acopio de los diversos tipos de residuos debidamente señalados y herméticos. -Se establecerán áreas de almacenamiento de residuos. Dichas áreas estarán señalizadas y se ubicarán en áreas separadas de las áreas de trabajo y almacenamiento de materiales minimizando los riesgos en caso de accidentes o derrames. -Los residuos especiales provenientes de derrames y trituración, se acamellonarán en sitios específicos señalizados previamente y se les proporcionará un riego periódico para evitar su dispersión. Estará estrictamente prohibido acamellonar o almacenar residuos cercanos a cuerpos o corrientes de agua. -Se desalojarán periódicamente los residuos almacenados, para su tratamiento o disposición final de forma adecuada por una empresa externa especializada y autorizada para este fin. -Se llevará un control de entradas y salidas de los residuos mediante el uso de bitácoras. -Se inspeccionarán continuamente las áreas de almacenamiento. **Transporte, tratamiento y disposición final** -Se contratarán empresas autorizadas para el almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	Durante el desarrollo del Proyecto el promovente; y en su caso la empresa contratista para llevar a cabo la gestión de los residuos, implementará la **Medida P06** *Manejo integral de residuos generados en la obra* en el cual se dará atención a esta Ley responsabilizándose por el manejo integral de los residuos que se generen durante el desarrollo de estas actividades.

CONSULTA PÚBLICA





ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	La empresa contratista se encargará de dejar libre las instalaciones en las que se hayan generado y almacenado cualquier residuo peligroso que pudiera representar un riesgo a la salud o al ambiente. **CUMPLIMIENTO: de carácter informativo.**
Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.	El Proyecto por medio del correcto manejo integral de los residuos; es congruente con este criterio en virtud de que se contratará a una empresa especializada y autorizada por la Secretaría para la recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos. Los residuos que se generen por las actividades preparación, construcción, operación y mantenimiento se identificarán, clasificarán y manejarán conforme a lo establecido en esta Ley, su Reglamento y en las normas oficiales mexicanas vigentes aplicables en la materia. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 43. Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.	El Promovente notificara a la Secretaría y/o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, sobre la generación y manejo de los residuos peligrosos de acuerdo con el manejo integral de los residuos conforme a lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 44. Generación de los Residuos Peligrosos. Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías: Grandes generadores; Pequeños generadores, y Microgeneradores.	El promovente y en su caso la empresa constructora aplicará el correcto manejo, adecuado y oportuno de los residuos que se generen durante el desarrollo de las actividades y desarrollo del Proyecto de acuerdo con las especificaciones del manejo integral de los residuos. El cual deberá contar con cualquier registro de esta categoría. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 45. Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.	El Promovente en atención a esta Ley se responsabilizará por el manejo comprometido, adecuado y oportuno de los residuos que se generen mediante la aplicación del manejo integral de los residuos, durante el desarrollo de las actividades preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto. Identificará, clasificará y manejará los residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 48. Las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. El control de los microgeneradores de residuos peligrosos, corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 del presente ordenamiento.	El promovente y en su caso la empresa contratista será la responsable en dar la atención a esta Ley, para el manejo comprometido, adecuado y oportuno de los residuos sólidos y peligrosos que se generen durante mediante la aplicación del correcto manejo de los residuos. La empresa contratista estará registrada ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda, y someterá a su consideración las acciones de manejo integral de residuos sólidos y peligrosos, también generará una bitácora y presentará el informe correspondiente según lo especifique la autoridad correspondiente. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 95. La regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial se llevará a cabo conforme a lo que establezca la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.	Durante las actividades necesarias para la construcción del Proyecto, se producirán desechos sólidos, por lo cual, se aplicará el correcto manejo integral de los residuos; en el que se incluyen actividades para el manejo y gestión integral y adecuada a los residuos conforme a su naturaleza y a la legislación federal y estatal vigente. El Promovente y en su caso la empresa contratista, en atención a esta Ley deberá responsabilizarse por el manejo comprometido, adecuado y oportuno de los residuos sólidos que se generen durante el desarrollo del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*

Desprendido del análisis de los Artículos se demuestra que el Proyecto cuenta con un esquema normativo y operativo sólido para la gestión integral de sus residuos. A través de la instrumentación estructurada de un *Manejo integral de residuos generados en la obra*, el promovente y las empresas contratistas garantizan la minimización, separación, almacenamiento temporal adecuado, transporte autorizado y correcta disposición final tanto de los residuos peligrosos como de los sólidos urbanos y de manejo especial. De esta manera, el Proyecto cumple rigurosamente con sus obligaciones de registro, notificación, contratación de prestadores autorizados y responsabilidad ambiental en todas sus etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, previniendo cualquier riesgo de contaminación al entorno y a la salud pública.

CONSULTA PÚBLICA



II.1.7 *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)*

Fecha de expedición: 30 de noviembre de 2006.
Fecha de última reforma: 31 de septiembre de 2026
Fuente de consulta y publicación:
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

Este tiene por objeto reglamentar la LGPGIR y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la SEMARNAT.

La siguiente tabla contiene la vinculación jurídica del Proyecto con los preceptos aplicables.

Tabla II.6. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables al RLGPGIR. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 40.- La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será considerada como residuo peligroso, y se manejará como tal cuando se transfiera. Los residuos peligrosos que se encuentren mezclados en lodos derivados de plantas de tratamiento autorizados por la autoridad competente deberán de caracterizase y cumplir las condiciones particulares de descarga que les sean fijadas y las demás disposiciones jurídicas de la materia. En la norma oficial mexicana se determinarán aquellos residuos que requieran otros requisitos de caracterización adicionales de acuerdo con su peligrosidad. Los residuos peligrosos generados por las actividades de dragado para la construcción y el mantenimiento de puertos, dársenas, ríos, canales, presas y drenajes serán manejados de acuerdo con las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan. Los residuos peligrosos provenientes de la industria minero-metalúrgica y aquéllos integrados en lodos y aguas residuales, se regularán en las normas oficiales mexicanas correspondientes.	Durante las actividades inherentes a la preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto se contempla la implementación del correcto manejo integral de los residuos para evitar derrames o fugas de residuos peligrosos. Sin embargo, para el caso de que por accidente se mezclará alguna sustancia potencialmente peligrosa con el suelo, se manejará como se establece en este y otros preceptos normativos aplicables en la materia. **CUMPLIMIENTO:** **PREVENCIÓN** **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 43. Las personas que conforme a la Ley estén obligadas a registrarse ante la Secretaría como generadores de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento: I. Incorporarán al portal electrónico de la Secretaría la siguiente información: Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante; Nombre del representante legal, en su caso; Fecha de inicio de operaciones; Clave empresarial de actividad productiva o en su defecto denominación de la actividad principal; Ubicación del sitio donde se realiza la actividad; Clasificación de los residuos peligrosos que estime generar, y Cantidad anual estimada de generación de cada uno de los residuos peligrosos por los cuales solicite el registro; A la información proporcionada se anexarán en formato electrónico, tales como archivos de imagen u otros análogos, la identificación oficial, cuando se trate de personas físicas o el acta constitutiva cuando se trate de personas morales. En caso de contar con Registro Único de Personas Acreditadas bastará indicar dicho registro, y Una vez incorporados los datos, la Secretaría automáticamente, por el mismo sistema, indicará el número con el cual queda registrado el generador y la categoría de generación asignada.	El Promovente notificará a la SEMARNAT y/o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, sobre la generación y manejo de los residuos peligrosos conforme a lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
En caso de que para el interesado no fuere posible anexar electrónicamente los documentos señalados en la fracción II del presente artículo, podrá enviarla a la dirección electrónica que para tal efecto se habilite o presentará copia de estos en las oficinas de la Secretaría y realizará la incorporación de la información señalada en la fracción I directamente en la Dependencia.	
Artículo 65. Los generadores o prestadores de servicios que soliciten prórroga de seis meses adicionales para el almacenamiento de residuos peligrosos presentarán ante la Secretaría una solicitud con veinte días hábiles de anticipación a la fecha en que venza el plazo autorizado por la Ley para el almacenamiento, la cual contendrá la siguiente información: Nombre, denominación o razón social y número de registro o autorización, según corresponda, y Justificación de la situación de tipo técnico, económico o administrativo por la que es necesario extender el plazo de almacenamiento. La Secretaría dará respuesta a la solicitud en un plazo máximo de diez días hábiles, de no darse respuesta en dicho plazo se considerará que la prórroga ha sido autorizada.	Se empleará el correcto manejo integral de los residuos, en el cual se determina que los residuos serán depositados temporalmente en contenedores, previamente etiquetados para después ser puestos a disposición de una empresa contratada por el Promovente o la contratista, según se presente el caso, en donde dicha empresa se encargará de su tratamiento, manejo y disposición final en conformidad con las disposiciones aplicables de la LGPGIR y de este Reglamento. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 68. Los generadores que por algún motivo dejen de generar residuos peligrosos deberán presentar ante la Secretaría un aviso por escrito que contenga el nombre, denominación o razón social, número de registro o autorización, según sea el caso, y la explicación correspondiente. Los microgeneradores de residuos peligrosos indicarán solamente la fecha prevista para el cierre de sus instalaciones o suspensión de la actividad generadora de sus residuos o en su caso notificarán que han cerrado sus instalaciones, y Los pequeños y grandes generadores de residuos peligrosos proporcionarán: La fecha prevista del cierre o de la suspensión de la actividad generadora de residuos peligrosos; La relación de los residuos peligrosos generados y de materias primas, productos y subproductos almacenados durante los paros de producción, limpieza y desmantelamiento de la instalación; El programa de limpieza y desmantelamiento de la instalación, incluyendo la relación de materiales empleados en la limpieza de tubería y equipo; El diagrama de tubería de proceso, instrumentación de la planta y drenajes de la instalación, y El registro y descripción de accidentes, derrames u otras contingencias sucedidas dentro del predio durante el periodo de operación, así como los resultados de las acciones que se llevaron a cabo. Este requisito aplica sólo para los grandes generadores. Los generadores de residuos peligrosos manifestarán en el aviso, bajo protesta de decir verdad, que la información proporcionada es correcta. Lo dispuesto en el presente artículo es aplicable para los prestadores de servicios de manejo de residuos peligrosos, con excepción de los que prestan el servicio de disposición final de este tipo de residuos.	Se dará cumplimiento a este precepto, pues una vez que se suspenda la generación de residuos peligrosos, o exista la suspensión de la actividad generadora de sus residuos, se notificará a la autoridad correspondiente. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 71. Las bitácoras previstas en la Ley y este Reglamento contendrán: **I.** Para los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos: Nombre del residuo y cantidad generada; Características de peligrosidad; Área o proceso donde se generó; Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos, excepto cuando se trate de plataformas marinas,	Dentro de las acciones de manejo integral de residuos se contempla la elaboración de una bitácora para el registro de los residuos peligrosos generados durante las actividades preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto, los residuos generados se manejarán en conformidad a como lo establece la LGPGIR y este Reglamento. Se cumplirá en todo momento con los requisitos señalados en este artículo para la integración de datos en las bitácoras de registro de residuos.

CONSULTA PÚBLICA

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
en cuyo caso se registrará la fecha de ingreso y salida de las áreas de resguardo o transferencia de dichos residuos; Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior; Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos, y Nombre del responsable técnico de la bitácora. La información anterior se asentará para cada entrada y salida del almacén temporal dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año.	**CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 83. El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará de acuerdo con lo siguiente: **I.** En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios; en lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la microgeneración de residuos peligrosos.	El almacenamiento de los residuos peligrosos que se generen durante el desarrollo del Proyecto se realizará de conformidad a lo estipulado (**Medida P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)*), pues estos serán separados y dispuestos en contenedores previamente etiquetados de acuerdo con su naturaleza, evitando fugas, derrames que contaminen el suelo y así garantizando la seguridad de las personas, los trabajadores y los recursos naturales aún presentes en el ecosistema. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 84. Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses. No se tiene contemplado el almacenamiento por periodos mayores a seis meses, sin embargo, en caso de requerirlo, la empresa constructora o el promovente tramitarán la prórroga a que se refiere el artículo 65 del presente ordenamiento, en tiempo y forma.	No se tiene contemplado el almacenamiento por periodos mayores a seis meses; sin embargo, en caso de requerirlo, la empresa contratista o el Promovente tramitarán la prórroga ante la autoridad. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

Del análisis de los Artículos se demuestra que el Proyecto establece un marco de control riguroso para la gestión y almacenamiento temporal de residuos peligrosos. A través de la correcta implementación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación; el promovente y las empresas contratistas garantizan la separación adecuada en contenedores etiquetados, el cumplimiento de los plazos normativos de almacenamiento, el uso de bitácoras de control, así como la notificación formal ante las autoridades sobre el registro, posibles prórrogas o el cese de actividades. De este modo, se previenen fugas, derrames y la contaminación del suelo o de los recursos naturales, asegurando la plena legalidad ambiental en todas las etapas del Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

II.1.8 *Ley General de Vida Silvestre (LGVS)*

Fecha de expedición: 03 de julio de 2000.
Fecha de última reforma: 16 de julio de 2025.
Fuente de consulta y publicación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGVS.pdf

Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

En taba siguiente se muestra la vinculación jurídica del Proyecto con los preceptos que resultan aplicables.

Tabla II.7. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables con la LGVS. Elaboración propia.

ARTICULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
Artículo 4. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.	Se dará cumplimiento a lo establecido en este precepto, en el sentido de que no se contemplan acciones de daño o destrucción de la vida silvestre ni en perjuicio de los intereses de la Nación. Por el contrario, y con el fin de preservar los recursos naturales se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*** - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
Artículo 27 Bis. - No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. La Secretaría determinará dentro de normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales las listas de especies exóticas invasoras. Las listas respectivas serán revisadas y actualizadas cada 3 años o antes si se presenta información suficiente para la inclusión de alguna especie o población. Las listas y sus actualizaciones indicarán el género, la	En acatamiento de lo ordenado en este artículo, así como del equilibrio ecológico y estabilidad biológica de las especies, dentro del presente Proyecto se se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE).

CONSULTA PÚBLICA

ARTICULO	VINCULACIÓN JURÍDICA
especie y, en su caso, la subespecie y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica. Asimismo, expedirá las normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales relativos a la prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como el manejo, control y erradicación de aquéllas que ya se encuentren establecidas en el país o en los casos de introducción fortuita, accidental o ilegal.	En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*** - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
Artículo 31. Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	El Proyecto acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, en sitios con características similares al ecosistema en donde fueron localizados; dichas actividades serán realizadas por personal experto y/o capacitado para tal fin, con el objeto de evitar al máximo la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, considerando las características de las diferentes especies y los métodos más eficaces. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.***

De acuerdo con el análisis de la LGVS se incorpora un enfoque riguroso de protección y respeto hacia la biodiversidad. A través de la instrumentación estructurada de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, el promovente garantiza que las actividades de preparación y construcción no solo eviten daños o perturbaciones a la vida silvestre, sino que proscriban estrictamente la introducción o liberación de especies exóticas invasoras. Se asegurará que cualquier traslado de ejemplares se realice bajo condiciones técnicas óptimas que eviten el sufrimiento y minimicen el estrés animal, cumpliendo de manera íntegra con los principios de conservación y equilibrio ecológico establecidos en la normatividad ambiental vigente.

CONSULTA PÚBLICA



II.1.9 *Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS)*

Fecha de expedición: 30 de noviembre de 2006.
Fecha de última reforma: 05 de mayo de 2014.
Fuente de consulta y publicación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGVS.pdf

El Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre. La siguiente tabla contiene la vinculación jurídica del Proyecto con los preceptos que resultan aplicables.

Tabla II.8. Vinculación jurídica del Proyecto con los artículos aplicables con el RLGVS. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 56. La importación, exportación y reexportación de material biológico de especies incluidas en los apéndices de CITES, se sujetará a lo señalado en dicha Convención.	Con el fin de conservar la diversidad biológica durante el desarrollo de las actividades inherentes preparación y construcción del Proyecto se contempla la implementación del rescate de flora y fauna silvestre, en la que se contempla prohibir la utilización y venta de cualquier especie que se encuentra dentro del Área del Proyecto (AP). **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*** - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
Artículo 78. Las medidas de manejo, control y remediación de ejemplares o poblaciones perjudiciales podrán consistir en cualquiera de las siguientes, de acuerdo con el orden de prelación que se indica: **I.** La captura o colecta para el desarrollo de Proyectos de recuperación, actividades de repoblación y reintroducción; **II.** La captura o colecta para actividades de investigación o educación ambiental; **III.** La reubicación de ejemplares, en cuyo caso se deberá evaluar el hábitat de destino y las condiciones de los ejemplares, en los términos señalados en la Ley y en el presente Reglamento para la liberación; **IV.** La captura de ejemplares, en cuyo caso la Secretaría determinará el destino de estos; **V.** La eliminación de ejemplares o la erradicación de poblaciones, y **VI.** Las acciones o dispositivos para ahuyentar, dispersar, dificultar el acceso de los ejemplares o disminuir el daño que ocasionan, cuando así se justifique.	Se aplicarán las acciones tendientes de manejo y control de ejemplares o poblaciones perjudiciales para el desarrollo del Proyecto (plagas). Además, se contemplan acciones para ahuyentar y dispersar fauna, entre ellas aquella exótica, exótica-invasora y feral. En tanto, aquellos individuos que deban ser capturados, serán dispuestos a las autoridades pertinentes para su manejo. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.***
Artículo 79. Para la atención de los asuntos relativos al manejo, control y remediación de problemas asociados a ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales, la Secretaría podrá establecer por sí misma o autorizar, a solicitud de los interesados, las medidas correspondientes en los predios, zonas o regiones en los cuales se requiera una solución con el fin de evitar o minimizar efectos negativos para el ambiente, otras especies o la población humana.	

CONSULTA PÚBLICA





Derivado del análisis del Reglamento con las actividades del Proyecto se incorpora un manejo técnico y normativo riguroso para la protección de la biodiversidad y el control preventivo de la fauna. El Proyecto proscribe cualquier aprovechamiento o comercio irregular de material biológico sujeto a regímenes especiales (especies listadas con algún grado de protección nacional o internacional), y establece directrices claras para el ahuyentamiento, captura, reubicación o control de ejemplares bajo un orden de prelación estrictamente conservacionista y coordinado con la autoridad ambiental.

II.1.10 *Ley de Aguas Nacionales (LAN)*

Fecha de expedición: 01 de diciembre de 1992.
Fecha de última reforma: 11 de diciembre de 2025
Fuente de consulta y publicación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf

La LAN tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala.

En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con el presente ordenamiento:

Tabla II.9. Vinculación del Proyecto con la LAN. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1. La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.	El Proyecto reconoce que las aguas nacionales constituyen bienes de jurisdicción federal sujetos a las disposiciones de la LAN. En consecuencia, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se implementarán las medidas necesarias para prevenir afectaciones a los cuerpos y corrientes de agua presentes a lo largo del trazo del Proyecto, procurando preservar su cantidad, calidad y funcionamiento hidrológico. El diseño del Proyecto considera la ejecución de obras de drenaje transversal y longitudinal, y estructuras hidráulicas que permitan mantener la continuidad de los escurrimientos superficiales, evitando alteraciones significativas al régimen hidrológico, asegurando la continuidad de los escurrimientos superficiales sin alterar el régimen hidrológico. Se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes, el correcto manejo de los residuos y en caso de derrames, se realizarán acciones de respuesta inmediata para prevenir de manera estricta la contaminación de las aguas nacionales derivada de las actividades del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los*

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario. - **M03.** *Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.*
Artículo 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas. (...) Las concesiones y asignaciones crearán derechos y obligaciones a favor de los beneficiarios en los términos de la presente Ley...	El Proyecto requerirá agua para riego, humectación y servicios básicos durante la etapa de preparación y construcción para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre lo acuíferos. El agua potable para uso será suministrada mediante proveedores externos autorizados. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.*
Artículo 86 BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	El Proyecto no arrojará o depositará residuos en cuerpos receptores y zonas federales. Además, se implementarán acciones de manejo integral de los residuos que tiene dentro de sus objetivos establecer las estrategias para el correcto manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto. Dentro de las acciones propuestas se tiene la disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos, la identificación de los residuos peligrosos, contar con un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos ATRP. y dar seguimiento a todos los residuos generados por el Proyecto. Para la etapa de construcción, se dispondrán dentro del área prevista para obras provisionales, la colocación de letrinas o sanitarios portátiles para la correcta disposición de los residuos sanitarios de los trabajadores, para lo cual este servicio se contratará con una empresa especializada y autorizada que se encargará del mantenimiento y limpieza de estos, colocando 1 letrina (sanitario portátil) por cada 15 trabajadores. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
ARTÍCULO 113. La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión": IV. Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el Artículo 3 de esta Ley;	El Proyecto se desarrollará sobre terrenos adquiridos por el Promovente, por lo que las actividades a realizarse no afectarán las riberas o zonas federales. Sin embargo, en caso de ser necesario, se solicitará la concesión para uso u ocupaciones de bienes administrados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*

CONSULTA PÚBLICA



El análisis detallado esta Ley confirma que el Proyecto integra un manejo estricto, preventivo y sustentable del recurso hídrico. A través de la instrumentación de medidas específicas, el Proyecto resguarda la integridad de los cuerpos y corrientes nacionales. Al abastecerse mediante proveedores externos autorizados (evitando extracciones directas), al prohibir descargas o depósitos en zonas federales, y al comprometerse a tramitar las concesiones correspondientes en caso de requerir la ocupación de cauces o riberas, el promovente garantiza la preservación de la calidad, cantidad y régimen hidrológico en toda la Región Ecológica (RE).

II.1.11 *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (RLAN)*

Fecha de expedición: 12 de enero de 1994.
Fecha de última reforma: 25 de agosto de 2014.
Fuente de consulta y publicación:
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf

En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con el presente reglamento.

Tabla II.10.. Vinculación del Proyecto con el RLAN. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1o.- El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales. Cuando en el mismo se expresen los vocablos "Ley", "Reglamento", "La Comisión" y "Registro", se entenderá que se refiere a la Ley de Aguas Nacionales, al presente Reglamento, a la Comisión Nacional del Agua y al Registro Público de Derechos de Agua, respectivamente	El Proyecto se desarrollará en observancia de las disposiciones establecidas en la LAN y en su Reglamento, reconociendo que este último establece los procedimientos, requisitos y criterios técnicos para la aplicación de la legislación en materia de aguas nacionales. En este sentido, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se atenderán las disposiciones reglamentarias aplicables a las obras que puedan involucrar bienes nacionales, zonas federales o cuerpos de agua de jurisdicción federal. El Proyecto incorpora medidas para prevenir afectaciones a la calidad y cantidad del recurso hídrico mediante construcción de obras de drenaje transversal y longitudinal que permitan el libre tránsito de las corrientes de los cuerpos de agua, así como su monitoreo para definir que en el marco del proyecto estos no sean contaminados. En ese sentido, se implementarán las acciones de correcto manejo integral de los residuos y actividades de actuación y respuesta rápida con la finalidad de evitar la contaminación de los cuerpos de agua, controlar los procesos erosivos y mantener el funcionamiento de los escurrimientos naturales. En caso de que alguna actividad del Proyecto requiera autorización, permiso o trámite ante la CONAGUA, éstos serán gestionados conforme a las disposiciones previstas en la LAN y su Reglamento. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* - **M03.** *Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.*

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 134.- Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.	El Proyecto requerirá agua para riego, humectación y servicios básicos durante la etapa de preparación y construcción. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre lo acuíferos. El agua potable para uso será suministrada mediante proveedores externos autorizados. Así mismo se llevará a cabo el manejo integral de los residuos en la cual se establecen las acciones necesarias para prevenir la contaminación del agua. Para la etapa de construcción, se dispondrán dentro del área prevista para obras provisionales, la colocación de letrinas o sanitarios portátiles para la correcta disposición de los residuos sanitarios de los trabajadores, para lo cual este servicio se contratará con una empresa especializada y autorizada que se encargará del mantenimiento y limpieza de estos, colocando 1 letrina (sanitarios portátiles) por cada 15 trabajadores. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
Artículo 151.- Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas.	El Proyecto requerirá agua para riego, humectación y servicios básicos durante la etapa de preparación y construcción. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre lo acuíferos. El agua potable para uso será suministrada mediante proveedores externos autorizados. Así mismo se llevará a cabo el manejo integral de los residuos en la cual se establecen las acciones necesarias para prevenir la contaminación del agua. Para la etapa de construcción, se dispondrán dentro del área prevista para obras provisionales, la colocación de letrinas o sanitarios portátiles para la correcta disposición de los residuos sanitarios de los trabajadores, para lo cual este servicio se contratará con una empresa especializada y autorizada que se encargará del mantenimiento y limpieza de estos, colocando 1 letrina (sanitarios portátiles) por cada 15 trabajadores. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*

CONSULTA PÚBLICA



El análisis de los Artículos de este Reglamento confirma que Proyecto opera en estricto apego a las disposiciones reglamentarias federales en materia hídrica. A través de la planeación y el uso responsable de proveedores externos autorizados, empleando preferentemente agua tratada para la humectación y servicios básicos, el Proyecto evita cualquier presión o sobreexplotación de los acuíferos locales. Mediante la ejecución coordinada de acciones técnicas y operativas para el mantenimiento de la continuidad hidrológica, el monitoreo de la calidad del agua, la respuesta inmediata ante posibles contingencias y la gestión integral de residuos y servicios sanitarios, el promovente garantiza que no se efectúen descargas, depósitos ni contaminación en cuerpos receptores y zonas federales, cumpliendo de manera íntegra con la obligación de preservar la calidad del recurso y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos a lo largo del sistema ferroviario.

II.1.12 *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos.*

Fecha de expedición: 06 de mayo de 1972.
Fecha de última reforma: 14 de noviembre de 2025.
Fuente de consulta y publicación: https: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFMZAAH.pdf

Esta ley tiene por objeto la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos. En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con dicho ordenamiento.

Tabla II.11. Vinculación del Proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 6. (...) Los propietarios de bienes inmuebles colindantes a un monumento, que pretendan realizar obras de excavación, cimentación, demolición o construcción, que puedan afectar las características de los monumentos históricos o artísticos, deberán obtener el permiso del Instituto correspondiente, que se expedirá una vez satisfechos los requisitos que se exijan en el Reglamento.	No se prevén afectaciones a alguna zona arqueológica en los terrenos adquiridos para el Proyecto. En caso de que se llegaran a encontrar vestigios arqueológicos a lo largo del trazo del Proyecto, el Promovente obtendrá el Permiso para la realización de obras y la liberación del sitio Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



II.1.13 *Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos*

Fecha de expedición: 08 de diciembre de 1975.
Fecha de última reforma: 03 de diciembre de 2020.
Fuente de consulta y publicación:
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFMZAAH_031220.pdf

Este Reglamento tiene por objeto regular la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos. En la siguiente tabla se presenta la vinculación del Proyecto con el presente ordenamiento.

Tabla II.12. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 42.- Toda obra en zona o monumento, inclusive la colocación de anuncios, avisos, carteles, templetes, instalaciones diversas o cualesquiera otras, únicamente podrá realizarse previa autorización otorgada por el Instituto correspondiente, para lo cual el interesado habrá de presentar una solicitud...	El Promovente en caso de requerirlo obtendrá el Permiso correspondiente para la realización de obras y la liberación del sitio a través del INAH. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 44.- Cualquier obra que se realice en predios colindantes a un monumento arqueológico, artístico o históricos, deberá contar previamente con el permiso del Instituto competente.	El Promovente en caso de requerirlo obtendrá el Permiso correspondiente para la realización de obras y la liberación del sitio a través del INAH. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

El Proyecto se alinea de manera preventiva con las disposiciones de protección al patrimonio cultural. Aunque el trazo de la infraestructura ferroviaria se ha planeado para evitar zonas de valor histórico o arqueológico, el promovente establece el compromiso formal de gestionar y obtener de manera oportuna las autorizaciones y permisos necesarios ante el INAH antes de ejecutar cualquier obra en zonas de monumentos, predios colindantes o ante el eventual hallazgo de vestigios, garantizando así el respeto y la salvaguarda de los bienes culturales de la nación.

CONSULTA PÚBLICA



II.2 LEGISLACIÓN ESTATAL

Para el análisis del marco normativo estatal aplicable al Proyecto ferroviario, cuyo trazo cruza por las entidades federativas de Guanajuato y Jalisco, se iniciará el estudio con la legislación del estado de Guanajuato, evaluando la congruencia, observancia y cumplimiento de sus disposiciones en materia ambiental, de protección al ambiente, territorial y de desarrollo urbano para cada una de las etapas del Proyecto.

A) LEGISLACIÓN ESTATAL DE GUANAJUATO

II.2.1 *Constitución Política para el Estado de Guanajuato*

Fecha de expedición: 18 de octubre de 1917
Fecha de última reforma: 04 de agosto de 2026.
Fuente de consulta y publicación: https://www.congresogto.gob.mx/constitucion-politica-del-estado-de-guanajuato

La Constitución Política para el Estado de Guanajuato constituye el ordenamiento jurídico fundamental del Estado Libre y Soberano de Guanajuato y establece los principios que rigen la organización de los poderes públicos, así como los derechos humanos y las garantías para su protección dentro del ámbito estatal. El artículo primero prácticamente reproduce la reforma constitucional en materia de derechos humanos e incorpora expresamente el derecho a un medio ambiente sano, además de la obligación de todas las autoridades estatales y municipales de proteger los derechos humanos.

> ***Artículo 1*** *... Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*

VINCULACIÓN:

El Proyecto se desarrollará con pleno respeto a los derechos humanos reconocidos por la Constitución Política para el Estado de Guanajuato, particularmente al derecho de toda persona a disfrutar de un medio ambiente sano. Para ello, durante las etapas del Proyecto se implementarán las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación previstas en este documento (Capitulo IV), con el propósito de prevenir, minimizar y compensar los impactos ambientales derivados del Proyecto.

El artículo 2 establece el principio de legalidad y señala que tanto las autoridades como los particulares deben actuar conforme a la ley.

> ***Artículo 2****... La ley es igual para todos, de ella emanan las atribuciones de las autoridades y los derechos y obligaciones de todas las personas que se hallen en el Estado de Guanajuato, ya sean domiciliadas o transeúntes. A todos corresponde el disfrute de sus beneficios y el acatamiento de sus disposiciones.*

VINCULACIÓN:

El Proyecto se desarrollará en estricto cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables en materia ambiental, urbana, territorial, forestal y de infraestructura ferroviaria,

CONSULTA PÚBLICA



observando las competencias de las autoridades federales, estatales y municipales. En este sentido, el promovente realizará las gestiones, permisos y autorizaciones que resulten aplicables y dará cumplimiento a las obligaciones establecidas en la legislación vigente durante todas las etapas del Proyecto.

II.2.2 *Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.*

Fecha de expedición: 8 de febrero de 2000.
Fecha de última reforma: 23 de noviembre de 2021.
Fuente de consulta y publicación: https://www.congresogto.gob.mx/leyes/ley-para-la-proteccion-y-preservacion-del-ambiente-del-estado-de-guanajuato

Esta ley delimita las obras de competencia estatal y regula las facultades que podrían transferirse de la Federación al Estado. Dado que la **norma excluye expresamente a las vías generales de comunicación**, su vinculación con el Proyecto se fundamenta en la observancia complementaria de sus principios y disposiciones ambientales, particularmente en materia de protección de recursos naturales, suelo, agua, ruido, restauración y áreas naturales protegidas de carácter estatal.

Tabla II.13. Vinculación del Proyecto con la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1º.- La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como regular las acciones tendientes a proteger el ambiente en el Estado de Guanajuato.	El Promovente del Proyecto se vincula a esta Ley al ser un Proyecto de alto impacto, obligándose a integrar en todas sus etapas (preparación, construcción, operación y mantenimiento) las medidas necesarias para garantizar el desarrollo sustentable y la protección del equilibrio ecológico del territorio guanajuatense. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 2º. Las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: **I.** Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; **II.** Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; **III.** La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; **IV.** La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de áreas naturales protegidas; **V.** El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; **VI.** La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo; **VII.** Establecer los mecanismos de coordinación entre el Estado y los municipios para la atención de los asuntos ambientales; **VIII.** Promover la participación responsable de las personas y de la sociedad, en la planeación, ejecución y vigilancia de la política ambiental y de los recursos naturales; y **IX.** El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde al Estado y a los municipios, bajo el principio de concurrencia.	El Proyecto se desarrollará bajo criterios de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental, procurando que durante las etapas del desarrollo de la infraestructura ferroviaria se realice de manera compatible con la protección del ambiente. Para lo cual se desarrollaron medidas específicas desarrolladas en el Capítulo IV. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 15.- Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de los instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo del Estado y los ayuntamientos observarán los siguientes principios: **I.-** Del equilibrio de los ecosistemas dependen la vida y las posibilidades productivas del Estado; **II.-** Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; **III.-** Las actividades que se lleven a cabo dentro del territorio estatal, no afectarán el equilibrio ecológico de otras entidades o de zonas de jurisdicción federal; **IV.-** Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad; **V.-** Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico; **VI.-** La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de vida de las futuras generaciones; **VII.-** La prevención de las causas que generan los desequilibrios ecológicos, es el medio más eficaz para evitarlos; **VIII.-** El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad; **IX.-** Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que permitan su máximo aprovechamiento, evitando el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos; **X.-** La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas; **XI.-** El propósito de la concertación de acciones ecológicas es reorientar la relación entre la sociedad y la naturaleza; **XII.-** Garantizar el derecho de las comunidades, incluyendo a los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; **XIII.-** El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población; y **XIV.-** Conservar la diversidad genética y el manejo integral de los hábitats naturales y la recuperación de las especies silvestres; y **XV.-** Los demás que señale la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.	El Promovente asume la responsabilidad ambiental derivada del Proyecto ferroviario mediante la planeación, preparación, construcción y operación bajo los principios de prevención y conservación del equilibrio ecológico y de los ecosistemas locales. Para ello, se identifican los impactos potenciales en sus distintas etapas y se establecen medidas específicas de prevención, mitigación, restauración y compensación en la MIA-R (Capitulo IV), asegurando que el aprovechamiento del territorio sea compatible con la preservación de los recursos naturales y el cumplimiento de las condicionantes de la autoridad competente. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 27.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual se establecen las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos. Requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades: **I.-** Las que correspondan a asuntos de competencia estatal, que puedan causar desequilibrios ecológicos significativos, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente; **II.-** Las derivadas de planes y programas estatales y municipales, en materia de desarrollo urbano, turístico, de vivienda, agropecuarios, sectoriales de industria, de centros de población, así como aquéllos que en general promuevan las actividades económicas o prevean el	Este Artículo define la evaluación del impacto ambiental y establece los supuestos de competencia estatal, entre los cuales se encuentran las vías estatales y municipales de comunicación. No obstante, dado que el Proyecto corresponde a infraestructura ferroviaria clasificada como vía general de comunicación, su evaluación en esta materia recae en **la autoridad federal** competente. En consecuencia, el Proyecto se somete al procedimiento federal mediante la presente MIA-R, instrumento en el cual se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales de las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, estableciendo además las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación aplicables. Sin perjuicio de esta competencia federal, durante el desarrollo del Proyecto se cumplirán las disposiciones estatales y municipales que resulten aplicables dentro de sus respectivos ámbitos de atribución.

CONSULTA PÚBLICA





ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
aprovechamiento masivo de los recursos naturales del Estado, sus modificaciones y ampliaciones y los cambios de uso de suelo; **III.-** Las que pretendan realizarse fuera de los límites de los centros de población, así como aquéllas que se ubiquen dentro de áreas naturales protegidas de competencia estatal o municipal; **IV.-** Las de carácter público o privado destinadas a la prestación de un servicio público de competencia estatal o municipal, que por sus características y objeto impliquen riesgo al ambiente; **V.-** Las derivadas de vías estatales y municipales de comunicación; **VI.-** Las derivadas de zonas y parques industriales, plantas agro-industriales, donde no se realicen actividades altamente riesgosas; **VII.-** Las consideradas no altamente riesgosas en los términos de esta Ley; **VIII.-** Las relativas al manejo de instalaciones de tratamiento, recicladoras, confinamiento, eliminación y transporte de residuos no peligrosos, en los términos de esta Ley; **IX.-** Las que, estando reservadas a la Federación, se descentralicen en favor del Estado o municipios; **X.-** Las derivadas de la industria de autopartes, alimenticia y de bebidas, textil, electrónica, mueblera, metal-mecánica, cerámica y artesanal, curtiduría, fundición, hospitalaria, ladrilleras, del vidrio, vitivinícola y zapatera; **XI.-** Las comerciales y de servicio que por sus características y objeto impliquen riesgo al ambiente; y **XII.-** Las de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias no reservadas a la Federación	**CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 102.- Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios: **I.-** El uso de suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas; **II.-** El uso de suelo debe hacerse de manera que se mantenga su integridad física y su capacidad productiva; **III.-** Los usos productivos de suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos; **IV.-** En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable de suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida de la vegetación natural; **V.-** En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas; y **VI.-** La realización de obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.	Este Artículo establece la obligación de preservar la integridad física y la capacidad productiva del suelo, evitando su erosión y degradación. Debido a que las actividades de desmonte, despalme, excavación, cortes y conformación de terraplenes propias del Proyecto podrían generar compactación y pérdida temporal de suelo, se realizará el rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal, así como el retiro del material. Adicionalmente, las acciones de compensación tanto derivadas de los impactos identificadas por la ejecución del proyecto, las cuales complementarán la protección del terreno frente a los agentes erosivos, favoreciendo la estabilidad de las áreas intervenidas una vez concluidas las actividades constructivas. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*

CONSULTA PÚBLICA





II.2.3 *Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato*

Fecha de expedición: 10 de mayo de 2005.
Fecha de última reforma: 26 de junio de 2025.
Fuente de consulta y publicación: https://www.congresogto.gob.mx/leyes/ley-para-la-gestion-integral-de-residuos-del-estado-y-los-municipios-de-guanajuato

La vinculación del Proyecto con este ordenamiento se centra en los preceptos relativos a prevención de la generación, separación, valorización, manejo integral, residuos de manejo especial, planes de manejo, recolección, transporte y disposición final. La Ley establece como eje la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y prevé la aplicación supletoria de la LGPGIR y demás legislación ambiental.

Tabla II.14. Vinculación del Proyecto con la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1.- La presente Ley es de orden público e interés general y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable por medio de la regulación de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la prevención de la contaminación y la remediación de sitios contaminados con residuos.	El Promovente se vincula a este ordenamiento al establecer los lineamientos para la gestión integral, manejo y valorización de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se generen durante las etapas del Proyecto ferroviario, garantizando la prevención de la contaminación y el cuidado ambiental. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 2. En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán en lo conducente y de manera supletoria las disposiciones contenidas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato y demás disposiciones jurídicas aplicables.	El Promovente se vincula a esta disposición al reconocer la aplicación supletoria de la normatividad federal y estatal en materia ambiental y de residuos, garantizando que todo aspecto no previsto de manera específica se regirá bajo los ordenamientos jurídicos correspondientes para el manejo y control de los impactos del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 3. En la aplicación de la presente Ley, el Ejecutivo del Estado y los ayuntamientos, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán observar los principios contenidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	El Promovente se vincula al marco de competencias institucionales al alinear la gestión y manejo de los residuos generados por el Proyecto ferroviario con los principios rectores observados por las autoridades estatales y municipales en la materia. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 16. Los planes de manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, deberán estar encaminados, entre otros a: **I.** Identificar formas de prevenir o reducir su generación y la valorización de los residuos, así como el manejo integral; **II.** Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados; **III.** Establecer mecanismos para reutilizar, reciclar o aprovechar los residuos que no se puedan evitar, de conformidad con las disposiciones legales aplicables y en la medida que esto sea ambientalmente adecuado, económicamente viable y tecnológicamente factible; **IV.** Reducir el volumen y riesgo en el manejo de los residuos que no se puedan valorizar, de conformidad con las disposiciones legales aplicables; **V.** Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible, y	El Proyecto contará con un Protocolo de Manejo Integral de Residuos, a través del cual se identificarán los tipos y volúmenes generados para definir las acciones de separación, almacenamiento temporal, reutilización, valorización, recolección y disposición final, según corresponda. En caso de que los volúmenes y características de los residuos sitúen al Proyecto en los supuestos que exijan formular y registrar un plan de manejo de residuos de manejo especial, el promovente realizará las gestiones pertinentes ante la autoridad estatal competente, conforme a lo establecido en la ley, su reglamento y las disposiciones aplicables. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).*

CONSULTA PÚBLICA





ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
VI. Disponer finalmente en un relleno sanitario o en un sitio controlado, según corresponda, los residuos que no puedan ser susceptibles de valorizarse.	- **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 17. El contenido de los planes de manejo se sujetará a lo previsto en el reglamento de esta Ley y en las normas oficiales mexicanas.	El contenido de los planes de manejo se sujetará a lo previsto en el reglamento de esta ley y en las normas oficiales mexicanas aplicables. En concordancia con este marco normativo, el Proyecto ejecutará acciones para el correcto manejo integral de los residuos y, en su caso, la construcción y operación de un Almacén Temporal para los Residuos peligrosos, garantizando que la separación, almacenamiento, recolección y disposición final cumplan con los estándares legales establecidos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 18. Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo, de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.	Para dar cumplimiento a esta disposición, el Proyecto aplicará acciones para el correcto manejo integral de los residuos asegurando que la gestión, clasificación y control operativo se apeguen estrictamente a los requerimientos normativos aplicables según la categoría del generador. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 35. Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean generados en el Estado, deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley y demás disposiciones que resulten aplicables.	Para dar cumplimiento a esta obligación legal, el Proyecto vinculará sus actividades mediante la implementación de acciones para el correcto manejo integral de los residuos, asegurando que el almacenamiento, control y disposición final de los residuos se realicen en estricto apego al marco normativo estatal vigente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 36. Es obligación de toda persona generadora de residuos sólidos urbanos y de manejo especial: **I.** Separar y reducir la generación de residuos; **II.** Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos; **III.** Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, normas y recomendaciones técnicas aplicables al manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; **IV.** Poner en conocimiento de las autoridades competentes las infracciones que se estimen se hubieran cometido contra la normatividad de los residuos, y **V.** Las demás que establezcan los ordenamientos jurídicos aplicables.	Los residuos generados durante las diferentes etapas del Proyecto serán manejados conforme a su clasificación y características. En los frentes de obra, campamentos y demás instalaciones temporales se dispondrán recipientes o áreas específicas para su separación, evitando su mezcla y favoreciendo la recuperación de aquellos materiales susceptibles de reutilización o reciclaje. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 37. Los grandes generadores de residuos de manejo especial, están obligados a: **I.** Registrarse ante la Secretaría y obtener autorización para su manejo; **II.** Establecer los planes de manejo y registrarlos ante la Secretaría, en caso de que requieran ser modificados o actualizados, notificarlo oportunamente a la misma; **III.** Utilizar el sistema de manifiestos que establezca la Secretaría, para hacer el seguimiento de la generación y formas de manejo de sus residuos a lo largo de su ciclo de vida integral; **IV.** Llevar bitácoras en la que registren el volumen y tipo de residuos generados y la forma de manejo a la que fueron sometidos; V. Llevar a cabo el manejo integral de sus residuos, de conformidad con las disposiciones de esta Ley y otros ordenamientos que resulten aplicables, y **VI.** Presentar a la Secretaría un informe anual de los volúmenes de generación y formas de manejo de los residuos de manejo especial generados en grandes volúmenes.	El artículo establece las obligaciones específicas para los grandes generadores de residuos de manejo especial, las cuales incluyen registrarse ante la Secretaría, establecer y registrar sus planes de manejo, utilizar el sistema de manifiestos, llevar bitácoras de control, realizar el manejo integral de los residuos y presentar un informe anual de generación y manejo. Para dar cumplimiento a estas disposiciones, el Proyecto vinculará su operación mediante la implementación de acciones para el correcto manejo integral de los residuos, así como la construcción de un almacén temporal para los residuos peligrosos, asegurando que el control documental, el registro en bitácoras y la gestión operativa se realicen en estricto apego a los requerimientos de la autoridad estatal competente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 40. El manejo integral de los residuos comprende las siguientes etapas: **I.** Reducción en la fuente; **II.** Separación; **III.** Reutilización; **IV.** Limpia o barrido; **V.** Acopio; **VI.** Recolección; **VII.** Almacenamiento; **VIII.** Traslado o transportación; **IX.** Co-procesamiento; **X.** Tratamiento; **XI.** Reciclaje, y **XII.** Disposición final...	La gestión integral de los residuos generados por el Proyecto se fundamenta en el cumplimiento del artículo, el cual define las etapas esenciales para un manejo ambientalmente responsable. En estricto apego a este ordenamiento, el Proyecto acciones para el correcto manejo integral de los residuos, garantizando que cada fase, desde la reducción en la fuente, separación, acopio, almacenamiento y traslado, hasta el tratamiento, reciclaje o disposición final, se realice conforme a las etapas técnicas y legales señaladas. Este enfoque integral permite asegurar la trazabilidad de los residuos a lo largo de su ciclo de vida, previniendo impactos negativos en el entorno y cumpliendo rigurosamente con las directrices de la autoridad estatal. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 45. Las etapas que comprenden el manejo integral de residuos se deberán llevar a cabo conforme a lo que establezca esta Ley y demás disposiciones aplicables.	En estricto apego a esta disposición, el Proyecto garantizará que cada fase de la gestión de residuos se desarrolle bajo un estricto control operativo y normativo, implementando para ello acciones para el manejo integral de los residuos, así como la construcción de un almacén temporal de residuos. De esta manera, se asegura que las actividades de separación, almacenamiento, transporte y destino final cumplan cabalmente con los lineamientos técnicos y jurídicos establecidos en la materia. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 46. Es responsabilidad de todo generador de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, buscar alternativas e implementar acciones para reducir o minimizar la generación o en su caso, procurar la biodegradabilidad de los mismos.	El Proyecto integrará directrices de minimización desde la fuente mediante la implementación de acciones para el correcto manejo integral de los residuos, asegurando la adopción de prácticas operativas orientadas a la disminución de volúmenes de residuos, el fomento de su valorización y el

CONSULTA PÚBLICA

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	uso responsable de materiales a lo largo de las etapas de la obra. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 47. Todo generador de residuos deberá llevar a cabo su separación con el objeto de evitar que se mezclen con otros generados en las actividades que realice y prolongar su vida útil.	En el marco del proyecto se realizará el correcto manejo integral de los residuos, implementando contenedores y áreas específicas en los frentes de trabajo para la separación primaria de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial desde su origen, garantizando con ello un manejo ordenado y eficiente previo a su almacenamiento o recolección. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*

La integración de estas acciones garantiza una gestión ambiental responsable durante todas las etapas del Proyecto. Al implementar el Manejo Integral de Residuos, se asegura no solo el cumplimiento de la jerarquía en la gestión de residuos; prevención, reducción, valorización y disposición final, sino también el estricto apego a las obligaciones legales establecidas en los artículos de la Ley. La formalización de este esquema, mediante el registro como gran generador, el uso de bitácoras, el sistema de manifiestos y la presentación de informes anuales, garantiza la trazabilidad total de los residuos, minimizando riesgos de contaminación al suelo y cuerpos de agua, y reafirmando el compromiso del promovente con la preservación del equilibrio ecológico y el cumplimiento normativo ante la autoridad estatal competente.

B) LEGISLACIÓN ESTATAL DE JALISCO

II.2.4 *Constitución Política del Estado de Jalisco*

Fecha de expedición: 21 de julio de 1917.
Fecha de última reforma: 17 de julio de 2026.
Fuente de consulta y publicación: https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/transparencia/informacion-fundamental/4492

La Constitución Política del Estado de Jalisco constituye la norma fundamental y suprema del orden jurídico estatal, en la cual se establecen los principios rectores que regulan el desarrollo sustentable, la protección al ambiente, la planeación territorial, la ejecución de obras de infraestructura de interés público y la protección civil. La aplicación de este marco constitucional al Proyecto se fundamenta en la obligación de garantizar que todas las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento se desarrollen en plena congruencia

CONSULTA PÚBLICA



con el ordenamiento ecológico, la preservación de los recursos naturales y la seguridad colectiva en el territorio jalisciense.

De acuerdo con el Artículo 15 (Fracción VII)

> *"Los órganos del poder público del Estado proveerán las condiciones para el ejercicio pleno de la libertad de las personas... Las autoridades estatales y municipales velarán por la utilización sustentable de todos los recursos naturales, con el fin de conservar y restaurar el medio ambiente. El daño y el deterioro ambiental generarán responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley."*

VINCULACIÓN:

El Proyecto se vincula directamente al integrar estrictas medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, garantizando el cumplimiento de la obligación estatal de proteger el patrimonio ambiental y evitar cualquier tipo de deterioro ecológico en las zonas de influencia de la entidad.

> **Artículo 36** *El ejercicio del Poder Ejecutivo se deposita en un ciudadano a quien se denomina Gobernador del Estado, a quien corresponde organizar y conducir la planeación del desarrollo del Estado.*

VINCULACIÓN:

Al tratarse de una obra de infraestructura de transporte de relevancia regional, su ejecución guarda congruencia con los instrumentos de planeación del desarrollo del Estado de Jalisco, asegurando que el diseño, la construcción y la operación se realicen bajo criterios de ordenamiento territorial y eficiencia técnica.

> **Artículo 80** *Los municipios a través de sus ayuntamientos, en los términos de las leyes federales y estatales relativas, estarán facultados para: I. Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal; ... VI. Participar en la creación y administración de zonas de reserva ecológica; VII. Organizar y conducir la planeación del desarrollo del municipio...*

VINCULACIÓN:

A lo largo del trayecto del sistema ferroviario por el territorio de Jalisco, las obras se alinean con las disposiciones e instrumentos de desarrollo urbano y zonificación de los municipios involucrados, respetando las restricciones de uso de suelo y coordinando los trámites correspondientes conforme a la normativa local.

CONSULTA PÚBLICA





II.2.5 *Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco.*

Fecha de expedición: 06 de junio de 1989
Fecha de última reforma: 03 de diciembre de 2020.
Fuente de consulta y publicación:
https://legislacion.scjn.gob.mx/buscador/Paginas/wfArticuladoFast.aspx?q=Y+n2DS/TTqRhSVU2qmdsvrLmiTrNVU0CIka47PlqvBvnQP1tkCFGfuzG2z/AT3c2RcyJ7oJxZk3wxJyBEa1AQg==

La presente ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente y el patrimonio cultural en el territorio del estado de Jalisco, en el ámbito de competencia de los gobiernos estatal y municipales. Su finalidad primordial es mejorar la calidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes del estado, estableciendo las bases para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la prevención de la contaminación. En siguiente tabla se presenta la vinculación del Proyecto con dicho ordenamiento.

Tabla II.15. Vinculación del Proyecto con la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1. La presente ley es de orden público y de interés social, y tiene por objeto regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente y el patrimonio cultural en el estado de Jalisco, en el ámbito de competencia de los gobiernos estatal y municipales, con la finalidad de mejorar la calidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes del estado y establecer el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.	El Proyecto reconoce los principios de orden público e interés social establecidos en la ley estatal. En congruencia con la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, el trazo ferroviario se planea e instrumenta bajo criterios estrictos de sustentabilidad y protección de los recursos naturales en los municipios jaliscienses que atraviesa. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 2. Se considera de utilidad pública: **I.** El ordenamiento ecológico del territorio del estado, en los casos previstos por esta ley, y las demás aplicables; **II.** El establecimiento de áreas naturales protegidas de jurisdicción estatal o municipal, que se establezcan por decreto del Titular del Ejecutivo o por decreto del Congreso del Estado a iniciativa de los gobiernos municipales; **III.** El cuidado de los sitios necesarios para asegurar el mantenimiento e incremento de los recursos genéticos de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, frente al peligro de deterioro grave o extinción; **IV.** El establecimiento de zonas intermedias de salvaguarda, con motivo de la presencia de actividades que afecten o puedan afectar el equilibrio de los ecosistemas o al ambiente del estado, en general, o de uno o varios municipios, que no fuesen consideradas altamente riesgosas, conforme a las disposiciones de esta ley y sus reglamentos y otras disposiciones aplicables; y **V.** La prevención, el control y la atenuación de la contaminación ambiental, en el territorio del estado.	En estricto apego a las declaratorias de utilidad pública, el diseño y desarrollo de la infraestructura del Proyecto consideran la prevención, el control y la atenuación de cualquier fuente potencial de contaminación ambiental, garantizando la compatibilidad de las obras con el ordenamiento ecológico del territorio del estado de Jalisco. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 10. Para cumplir con los objetivos de la conservación permanente del equilibrio de los ecosistemas, se observarán las siguientes estrategias generales en la planeación del desarrollo del estado, de conformidad con esta ley y las demás disposiciones aplicables: **I. Estrategia de desarrollo sustentable:** Que comprende planificar con base en el ordenamiento ecológico del territorio, realizado a escalas que permitan la planificación municipal, la conversión de los sistemas productivos esquilmantes a sustentables, la transformación limpia de la materia prima, y el reciclaje de energía basada en el aprovechamiento sustentable de los residuos y ahorro energético;	La planeación y desarrollo del Proyecto se alinean con las estrategias generales del estado en materia de desarrollo sustentable, incorporando la evaluación de costos y beneficios ambientales, y promoviendo medidas preventivas y correctivas destinadas a salvaguardar los ecosistemas de la región. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
II. Estrategia de administración pública vinculada y federalista: Soportada en la operación coordinada de las diferentes instancias de gobierno en materia de protección al ambiente y normatividad actualizada, dinámica, justa y eficaz; y **III.** Estrategia de protección ambiental permanente: A través del rescate de la calidad de vida, rehabilitando, restaurando y preservando los ecosistemas, promoviendo la salud ambiental, previniendo, controlando y atenuando la contaminación, la recuperación de habitabilidad, estableciendo modelos de desarrollo urbano con criterios ambientales, el fortalecimiento permanente de la gestión ambiental, promoviendo la educación ambiental en todos los niveles y gestionando la investigación aplicada, en primera instancia, a la solución de problemas ambientales puntuales en el estado.	
Artículo 25. En los programas de desarrollo urbano, se incorporarán los siguientes criterios ambientales: **I.** Las disposiciones que establece la presente ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente; **II.** La observancia de los ordenamientos ecológicos regional del estado y locales; **III.** El cuidado de la proporción que debe existir entre las áreas verdes y las edificaciones destinadas a la habitación, los servicios y, en general, otras actividades; **IV.** La vivienda que se construya en las zonas de expansión de los asentamientos humanos, deberá guardar una relación adecuada con los elementos naturales de esas zonas, y considerar una superficie de áreas verdes proporcional a la densidad poblacional; y **V.** La vivienda que se construya en los asentamientos humanos deberá incorporar criterios de protección al ambiente, tanto en sus diseños como en las tecnologías aplicadas, para mejorar la calidad de vida de la población.	El diseño de la infraestructura y las obras asociadas al Proyecto incorporan directrices de compatibilidad con los programas de desarrollo urbano y ordenamiento territorial aplicables en las demarcaciones jaliscienses involucradas, asegurando que el diseño de las instalaciones reduzca al mínimo la fragmentación del territorio y proteja el bienestar de las comunidades locales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 28. Corresponderá a la Secretaría, evaluar el impacto ambiental a que se refiere el artículo 26 de esta ley, respecto de las siguientes materias: **I.** Vías generales de comunicación estatales y obra pública local que comprenda o se ubique en dos o más municipios; **II.** Instalación de rellenos sanitarios, y sitios de transferencia o tratamiento de residuos de manejo especial y sólidos urbanos; **III.** Desarrollos inmobiliarios y nuevos centros de población que no se localicen en áreas urbanas y/o reservas urbanas y que incidan en ecosistemas donde la regulación del impacto ambiental no está reservado a la federación; **IV.** Proyectos, obras y acciones urbanísticas que se desprendan de los planes y programas municipales de desarrollo urbano, siempre y cuando su regulación no corresponda a los gobiernos municipales; **V.** Aquellas obras y actividades que incidan en dos o más municipios y que su control no se encuentre reservado a la federación, cuando por su ubicación, dimensiones o características puedan producir impactos ambientales significativos sobre el medio ambiente; y **VI.** Las demás que no sean competencia de la federación ni de los gobiernos municipales.	Dado que el Proyecto constituye una obra de infraestructura de gran envergadura que se extiende y ubica en dos o más municipios del estado de Jalisco (así como en el estado de Guanajuato), el promovente da cabal cumplimiento al marco de evaluación ambiental mediante la tramitación de los procedimientos correspondientes ante las instancias competentes, integrando las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación necesarias para cada etapa de ejecución. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

La vinculación con la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco ratifica que el Proyecto se desarrolla con absoluta congruencia frente a los objetivos de política ambiental de la entidad. Al integrar de manera transversal los criterios de planeación ecológica, el respeto a los ordenamientos territoriales locales y la prevención de impactos adversos sobre los recursos naturales y los asentamientos humanos en los municipios jaliscienses cruzados por el Proyecto, el promovente asegura la viabilidad ambiental y el estricto apego a las disposiciones jurídicas estatales vigentes.

CONSULTA PÚBLICA

II.2.5.1 *Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco*

Fecha de expedición: 12 de junio de 2001.
Fecha de última reforma: 12 de septiembre de 2017.
Fuente de consulta y publicación:
https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/04-Reglamento%20de%20la%20Ley%20Estatal%20del%20Equilibrio%20Ecol%C3%B3gico%20y%20la%20Protecci%C3%B3n%20al%20Ambiente%20en%20Materia%20del%20Impacto%20Ambiental.pdf

El presente ordenamiento reglamentario es de orden público e interés social, y tiene por objeto normar la preservación, protección y restauración del medio ambiente y el equilibrio ecológico, regulando específicamente las obligaciones en materia de impacto ambiental, la explotación de bancos de material geológico y el control de la contaminación a la atmósfera generada por fuentes fijas en el territorio del estado de Jalisco. En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con dicho reglamento:

Tabla II.16. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO.
Artículo 1. Las presentes disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto reglamentar la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo que se refiere a la materia de impacto ambiental, explotación de bancos de material geológico y control de la contaminación a la atmósfera generada por fuentes fijas en el Estado de Jalisco.	El Proyecto reconoce y acata las disposiciones de orden reglamentario aplicables en el estado de Jalisco, asegurando que las actividades asociadas a la infraestructura ferroviaria se conduzcan bajo un esquema de mitigación de impactos ambientales y control de emisiones contaminantes en las jurisdicciones estatales correspondientes. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 2. La aplicación de este reglamento compete al Ejecutivo del Estado por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable, misma que se faculta para imponer las sanciones previstas, tanto en la ley como en su reglamento, sin perjuicio de las atribuciones que les correspondan a otras dependencias de la Administración Pública Estatal, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables, así como a las autoridades municipales en la esfera de su competencia. Las autoridades federales y municipales en los términos de los acuerdos de coordinación correspondientes, podrán actuar como autoridades auxiliares en la aplicación de este reglamento.	El Promovente reconoce la competencia de las autoridades estatales y municipales en materia ambiental, por lo que mantendrá una plena disposición de coordinación institucional y cumplimiento normativo durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

El análisis del Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera del Estado de Jalisco confirma que el Proyecto se adhiere de manera responsable a los mecanismos de evaluación, control y vigilancia ambiental a nivel estatal. Al garantizar una planeación congruente con los aspectos socioeconómicos y ecológicos de la región, así como al mantener canales abiertos de notificación ante modificaciones o requerimientos técnicos, el promovente refrenda su compromiso con la prevención de la contaminación atmosférica y la protección integral de los recursos naturales en el estado de Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA



II.2.6 *Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco*

Fecha de expedición: 24 de febrero de 2007.
Fecha de última reforma: 27 de abril de 2019.
Fuente de consulta y publicación:
https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/u449/Ley%20de%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20los%20Residuos%20del%20Estado%20de%20Jalisco.pdf

La presente ley es de orden público, interés social y aplicación en el estado de Jalisco. Tiene por objeto establecer las políticas públicas en materia de gestión de residuos; promover medidas que prevengan el deterioro de los ecosistemas reconociendo la responsabilidad compartida; involucrar a los generadores en la adopción de prácticas de prevención y manejo para evitar riesgos a la salud y al ambiente; y garantizar el derecho a un medio ambiente adecuado mediante la valorización, regulación y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el ámbito de competencia estatal y municipal.

En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con dicho ordenamiento:

Tabla II.17. **Vinculación con la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. Elaboración propia.**

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1.- La presente Ley es de orden público e interés social y de aplicación en el Estado de Jalisco	El Proyecto reconoce y acata las disposiciones de orden público establecidas en la legislación estatal en materia de residuos, asegurando que todas las etapas del Proyecto cumplan con los lineamientos ambientales locales vigentes. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 2.- Son objetivos de esta Ley: **I.** Establecer las Políticas públicas en materia de Gestión de Residuos en el Estado; **II.** Promover el establecimiento de medidas que prevengan el deterioro de los ecosistemas en el manejo y disposición final de residuos, reconociendo la responsabilidad compartida de todos los actores involucrados; **III.** Establecer las bases para la participación ciudadana en la reutilización y manejo de residuos; **IV.** Establecer la competencia concurrente entre la Federación y el Estado. **V.** Involucrar a los generadores de residuos con el objeto de que se adopten medidas de prevención y manejo, para evitar riesgos a la salud o al ambiente; **VI.** Garantizar el derecho a toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable, a través de la aplicación de principios de valorización, regulación de la generación y gestión integral de residuos sólidos urbanos y del manejo especial; **VII.** Establecer mecanismos de coordinación entre el Estado y los Municipios; **VIII.** Controlar y prevenir la contaminación y remediación de áreas contaminadas; **IX.** Fomentar la reutilización y valorización de los materiales contenidos en los residuos que se generan en el Estado, a través de la promoción, desarrollo y establecimiento de esquemas e instrumentos voluntarios y flexibles de manejo integral; y **X.** Garantizar el cumplimiento de esta ley y las disposiciones que de ella emanen	En plena congruencia con los objetivos de la ley, el Proyecto incorpora medidas estructuradas para la gestión integral, minimización, separación, almacenamiento temporal y disposición final adecuada de los residuos generados durante sus obras y operación, previniendo cualquier riesgo de deterioro ambiental en los municipios del estado de Jalisco que atraviesa. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA





ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 8. Los Ayuntamientos tendrán las siguientes atribuciones: **I.** Formular por sí o con el apoyo de la Secretaría y con la participación de representantes de los sectores sociales y privados, los Programas Municipales para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Gestión Integral de los Residuos; **II.** Expedir los reglamentos y demás disposiciones jurídico-administrativas de observancia general dentro de sus jurisdicciones respectivas, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en la presente Ley y en la Ley General; **III.** Establecer programas graduales de separación de la fuente de residuos orgánicos e inorgánicos y los mecanismos para promover su aprovechamiento; **IV.** Prevenir la generación y controlar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos; **V.** Capacitar a los servidores públicos que intervienen en la prestación del servicio público de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos; **VI.** Concesionar de manera total o parcial la prestación del servicio público de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos. En los casos que el sitio de disposición final haya sido financiado por el Gobierno del Estado, la concesión requerirá de previo acuerdo con la Secretaría; **VII.** Autorizar aquellas etapas del manejo integral de residuos sólidos urbanos que no sean consideradas como servicio público; **VIII.** Establecer y mantener actualizado un registro de grandes generadores de residuos sólidos urbanos, cuya información se manejará en los términos de la Ley de Transparencia e Información Pública del Estado; **IX.** Verificar el cumplimiento de las disposiciones de esta Ley, normas oficiales mexicanas y demás ordenamientos jurídicos en materia de residuos sólidos urbanos e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables;	El Promovente se compromete a coordinar las acciones de manejo de residuos con las instancias competentes del estado de Jalisco, asegurando que los prestadores de servicios y contratistas operen bajo los registros y autorizaciones que exige la normatividad local. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 20. La Secretaría podrá convocar, conjuntamente con los ayuntamientos a los productores, importadores, distribuidores y comercializadores de productos de consumo que al desecharse se conviertan en residuos de manejo especial, susceptibles de ser objeto de planes de manejo de conformidad con las disposiciones de la Ley General, las normas oficiales mexicanas y esta Ley, a fin de promover el reciclaje, la devolución de los residuos a los consumidores, los sistemas de colaboración e incentivos para alentar la creación de estos planes y la divulgación de la cultura ambiental....	Las actividades de preparación, construcción y operación del Proyecto contemplan la separación rigurosa y el manejo diferenciado de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial (tales como materiales pétreos sobrantes o residuos de despalme), garantizando su valorización o entrega a centros de acopio y disposición autorizados dentro de la entidad, apoyándose en el correcto manejo integral de los residuos y a través del suministro de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
Artículo 21. Los productores, importadores, distribuidores y comercializadores responsables de la formulación y ejecución de planes de manejo no serán responsables de los productos desechados que no hayan sido incorporados o entregados adecuadamente por el generador al plan de manejo correspondiente.	

La vinculación con la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco ratifica que el Proyecto implementa un esquema operativo plenamente alineado con la política estatal de residuos. Al instrumentar medidas eficaces para el manejo integral de residuos generados en la obra para: la minimización, separación selectiva, control de almacenamiento y contratación de empresas autorizadas para el manejo de los desechos sólidos urbanos, de manejo especial y sanitarios generados en el territorio jalisciense, el promovente cumple rigurosamente con los principios de responsabilidad compartida y prevención de la contaminación, salvaguardando los recursos naturales y el equilibrio ecológico de la región.

CONSULTA PÚBLICA



II.2.6.1 *Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco.*

Fecha de expedición: 25 de septiembre de 2008.
Fecha de última reforma: 22 de diciembre de 2020.
Fuente de consulta y publicación:
https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/REGLAMENTO%20DE%20LA%20LEY%20DE%20GESTION%20INTEGRAL%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20DEL%20EDO%20DE%20JAL%2013-08-2011.pdf

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco, estableciendo los criterios, procedimientos y obligaciones específicas para la prevención, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo ambientalmente adecuado en el territorio del estado. En la tabla siguiente se presenta la vinculación del Proyecto con dicho ordenamiento.

Tabla II.18. Vinculación con el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. Elaboración propia.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Artículo 1. El presente reglamento es de orden público e interés social y tiene por objeto regular las disposiciones de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco, en materia de recolección y transporte de residuos de manejo especial, rige en todo el Estado de Jalisco y su aplicación corresponde al Ejecutivo del Estado por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable, así como a la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente, en el ámbito de sus respectivas competencias. Para el cumplimiento del presente reglamento se observarán los principios que se establecen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley de Gestión Integral de Residuos del Estado de Jalisco y demás disposiciones aplicables.	El Proyecto reconoce y acata las disposiciones de orden reglamentario aplicables en materia de residuos dentro del estado de Jalisco, asegurando que las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento se ejecuten conforme a la normatividad ambiental local. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Artículo 5. Todo el personal operativo que labora en las empresas recolectoras y transportistas deberá: **I.** Estar debidamente capacitado; **II.** Contar con licencia de chofer o de servicio público para el caso de vehículos con capacidades superiores a las 3.5 toneladas; **III.** Portar una identificación emitida por la empresa recolectora que contenga: nombre, domicilio y datos para reportar en caso de emergencias; **IV.** Utilizar uniforme que cumpla con las especificaciones de seguridad, tomando en consideración el tipo y características del residuo; **V.** Contar con calzado de seguridad, que facilite el desplazamiento continúo del mismo; **VI.** Guantes que le permitan manipular con firmeza y seguridad los residuos de manejo especial; y **VII.** Contar con controles periódicos de salud.	En congruencia con las directrices reglamentarias para el manejo adecuado de los desechos, el Proyecto establece esquemas operativos claros para la gestión de sus residuos mediante la instrumentación de un almacén temporal de residuos peligrosos, así como la correcta gestión y manejo integral de los residuos, garantizando que su almacenamiento y control temporal prevengan cualquier riesgo al ambiente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 18. El representante legal o propietario de las empresas recolectoras y transportistas de residuos de manejo especial serán responsables del uso y control de folios autorizados en los manifiestos que se utilicen en la operación del servicio de recolección de residuos, debiendo contar con un programa de control permanente sobre esta documentación.	Las actividades del Proyecto llevará a cabo la separación rigurosa, el control y el manejo diferenciado de los residuos de manejo especial generados (tales como materiales pétreos sobrantes, restos de despalme y otros subproductos de la construcción), asegurando que su recolección, transporte y disposición final sean realizados por empresas autorizadas por la instancia competente, apoyándose directamente en la instrumentación del correcto manejo integral de los residuos, el cual contendrá una bitácora con los controles de recolección que se realicen por parte de la empresa que se contrate para tal fin.

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	CUMPLIMIENTO: PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
Artículo 19. Las empresas recolectoras y transportistas deberán contar con un programa de prevención y atención de contingencias o emergencias ambientales y accidentes, así como un seguro que garantice los daños ambientales y a terceros. El programa de prevención y atención a contingencias deberá contener como mínimo lo siguiente: **I.** Los elementos para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios, los cuales deberán estar descritos detalladamente; **II.** Las medidas, equipos y dispositivos de prevención; **III.** Los sistemas de seguridad, mecanismos de capacitación y comunicación, así como la infraestructura; **IV.** Las medidas preventivas durante la operación normal; y **V.** La identificación de posibles riesgos. Dicho estudio deberá ser presentado ante la Secretaría previo al inicio de operaciones para su evaluación y dictamen respectivos.	En congruencia con las obligaciones de los generadores, las distintas etapas del Proyecto establecen protocolos estrictos para el almacenamiento temporal y la contención adecuada de los desechos, garantizando que tanto los residuos sólidos urbanos como los sanitarios sean gestionados de manera segura. Para ello, se implementarán acciones para el correcto manejo integral de los residuos, así como la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores, para la correcta gestión de los residuos sanitarios de los trabajadores. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*

La vinculación con el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco confirma el Proyecto da cumplimiento puntual a las especificaciones técnicas y operativas para el manejo de residuos en la entidad. Mediante la aplicación coordinada de las Medidas de prevención, mitigación, rehabilitación y compensación diseñadas, el promovente garantiza la correcta separación, control temporal, transporte y disposición final de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos generados a lo largo de las etapas del Proyecto, cumpliendo cabalmente con los principios de responsabilidad compartida y protección ambiental establecidos en el marco reglamentario del estado de Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA





II.3 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

Como parte fundamental de la evaluación de viabilidad ambiental del Proyecto, es indispensable analizar la congruencia de sus obras y actividades con los instrumentos de planeación espacial y política ambiental que regulan el uso, ocupación y aprovechamiento del territorio. Dado que el trazo de este sistema de infraestructura lineal atraviesa los estados de Guanajuato y Jalisco, la presente sección examina la vinculación del Proyecto con los ordenamientos ecológicos vigentes en los ámbitos federal, estatal y municipal. Esto permite identificar las distintas Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus respectivos lineamientos, garantizando que el desarrollo de la obra se alinee con las disposiciones de conservación, aprovechamiento sustentable y protección de los recursos naturales establecidas para cada región.

II.3.1 *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)*

Fecha de expedición: 07 de septiembre de 2012
Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA).
Fuente de consulta y publicación: https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

El POEGT es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Este fue publicado en el DOF el 7 de septiembre de 2012. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal (APF), que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación.

El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF a quienes está dirigido este Programa, que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional. Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, Proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con las prioridades establecidas en este Programa y sin menos cabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes.

Cabe aclarar que la ejecución de este Programa es independiente del cumplimiento de la normatividad aplicable a otros instrumentos de política ambiental, entre los que se encuentran: las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Espacialmente, el POEGT actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la APF, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; sociales y económicas, invita a establecer

CONSULTA PÚBLICA



una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable.

La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), representadas a escala 1:2'000,000, empleadas como base para el análisis de las etapas.

Con fundamento en el artículo 26 del Reglamento de la LGEEPA (última reforma DOF. 28 de septiembre de 2010), la propuesta del programa de ordenamiento ecológico está integrada por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización:

A) Regionalización Ecológica

La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB), representadas a escala 1:2'000,000, empleadas como base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico, y para construir la propuesta del POEGT.

B) Lineamientos y estrategias ecológicas

Reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad biofísica ambiental, se instrumentan a través de las directrices generales que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

Por su parte, las estrategias ecológicas, definidas como los objetivos específicos, las acciones, los Proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el territorio nacional, fueron construidas a partir de los diagnósticos, objetivos y metas comprendidos en los programas sectoriales, emitidos respectivamente por las dependencias de la APF que integran el Grupo de Trabajo Intersectorial.

Las estrategias se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo

CONSULTA PÚBLICA



Intersectorial para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT. En este sentido, se definieron tres grandes grupos de estrategias: las dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, las dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y las dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

Los lineamientos ecológicos por cumplir son los siguientes:

I. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.
II. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del programa de ordenamiento ecológico general del territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones en esta área.
III. Contar con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación ambiental a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.
IV. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.
V. Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.
VI. Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten la disminución del capital natural.
VII. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.
VIII. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.
IX. Incorporar al SINAP las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.
X. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

El Área del Proyecto se encuentra en tres Regiones Ecológicas:

- Región ecológica 18.5, Unidad Ambiental Biofísica (UAB) **48**,
- Región ecológica 5.10, UAB **50** y,
- Región ecológica 18.2, UAB **51.**

En las siguientes tablas se describe cada componente de las Unidades de Gestión Ambiental (UABs):

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.19. **Descripción de la UAB 48-Los Altos de Jalisco. Elaboración propia.**

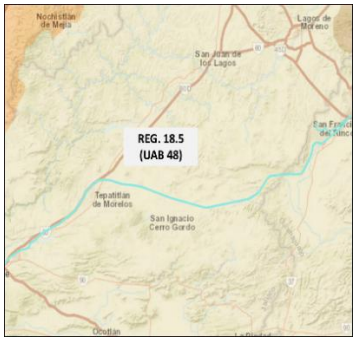
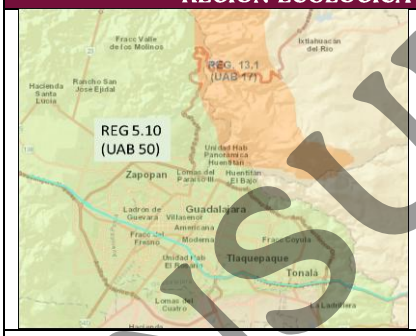
REGIÓN ECOLÓGICA 18.5, UAB 48. ALTOS DE JALISCO			
	**Región Ecológica:** 18.5 **Unidad Ambiental Biofísica:** 48 **Altos de Jalisco**		
	Localización: Noreste de Jalisco		
	Superficie en Km^2: 16,017.83 Km^2	**Población Total:** 991,515 habitantes	**Población indígena:** Sin presencia
Estado Actual del Medio Ambiente 2008: Inestable. Conflicto Sectorial Bajo. No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km^2): Baja. El uso de suelo es Agrícola, Otro tipo de vegetación y Forestal. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 32.1. Baja marginación social. Bajo índice medio de educación. Muy bajo índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.			
Escenario al 2033: Inestable a Crítico.			
Política Ambiental: Restauración y Aprovechamiento Sustentable			
Prioridad de Atención: Media.			

Tabla II.20. **Descripción de la UAB 50-Sierras y Piedemontes de Guadalajara. Elaboración propia.**

REGIÓN ECOLÓGICA 5.10, UAB 50. SIERRAS Y PIEDEMONTES DE GUADALAJARA			
	**Región Ecológica:** 5.10 **Unidad Ambiental Biofísica:** 50 **Sierras y Piedemontes de Guadalajara**		
	Localización: Porción noroccidental del estado de Jalisco, al noroeste de Guadalajara		
	Superficie en Km^2: 3,006.67 Km^2	**Población Total:** 3,937,187 habitantes	**Población indígena:** Sin presencia
Estado Actual del Medio Ambiente 2008: Medianamente estable. Conflicto Sectorial Medio. Baja superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy alta. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy alta. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km^2): Muy alta. El uso de suelo es Forestal y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 21.4. Muy baja marginación social. Alto índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Muy alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.			
Escenario al 2033: Medianamente estable a inestable.			
Política Ambiental: Preservación, Aprovechamiento Sustentable y Restauración			
Prioridad de Atención: Baja.			

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.21. **Descripción de la UAB 51-Bajío Guanajuatense. Elaboración propia.**

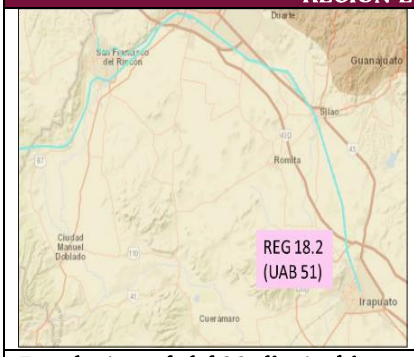
REGIÓN ECOLÓGICA 18.2, UAB 51. BAJÍO GUANAJUATENSE			
	**Región Ecológica:** 18.2 **Unidad Ambiental Biofísica:** 51 Bajío Guanajuatense **Localización:** Centro y sur de Guanajuato		
	Superficie en Km^2: 8,050.34 Km^2	**Población Total:** 3,912,883 habitantes	**Población indígena:** Sin presencia
Estado Actual del Medio Ambiente 2008: Inestable. Conflicto Sectorial Medio. No presenta superficie de ANP's. Baja degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es alta. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Alta. Porcentaje de Cuerpos de agua: Baja. Densidad de población (hab/km^2): Alta. El uso de suelo es Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 1.7. Media marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.			
Escenario al 2033: Inestable a crítico.			
Política Ambiental: Restauración y Aprovechamiento Sustentable			
Prioridad de Atención: Alta.			

Tabla II.22. **Estrategias sectoriales de las UAB. Elaboración propia.**

UAB	RECTORES DEL DESARROLLO	COADYUVANTES DEL DESARROLLO	ASOCIADOS DEL DESARROLLO	OTROS SECTORES DE INTERÉS	ESTRATEGIAS SECTORIALES
48-Los Altos de Jalisco	Agricultura - Ganadería	Forestal	Industria	Minería	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 36, 37, 38, 42, 43, 44
50-Sierras y Piedemontes de Guadalajara	Desarrollo Social-Forestal	Ganadería-Industria	Minería	Preservación de Flora y Fauna	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
51-Bajío Guanajuatense	Agricultura - Desarrollo Socia	Forestal	Ganadería	Minería -PEMEX	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 18, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), se incide en un 58.45 % dentro de la UAB 48. Los Altos de Jalisco, en un 40.67 % dentro de la UAB 51. Bajío Guanajuatense, y tan sólo en un 0.88 % dentro de la UAB 50. Sierras y Piedemontes de Guadalajara.

Tabla II.23. **Porcentaje de incidencia dentro del POEGT. Elaboración propia.**

UAB	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
48-Los Altos de Jalisco	5,748,275.57	58.45
50-Sierras y Piedemontes de Guadalajara	86,207.69	0.88
51-Bajío Guanajuatense	3,999,988.79	40.67
Total	**9,834,472.05**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA

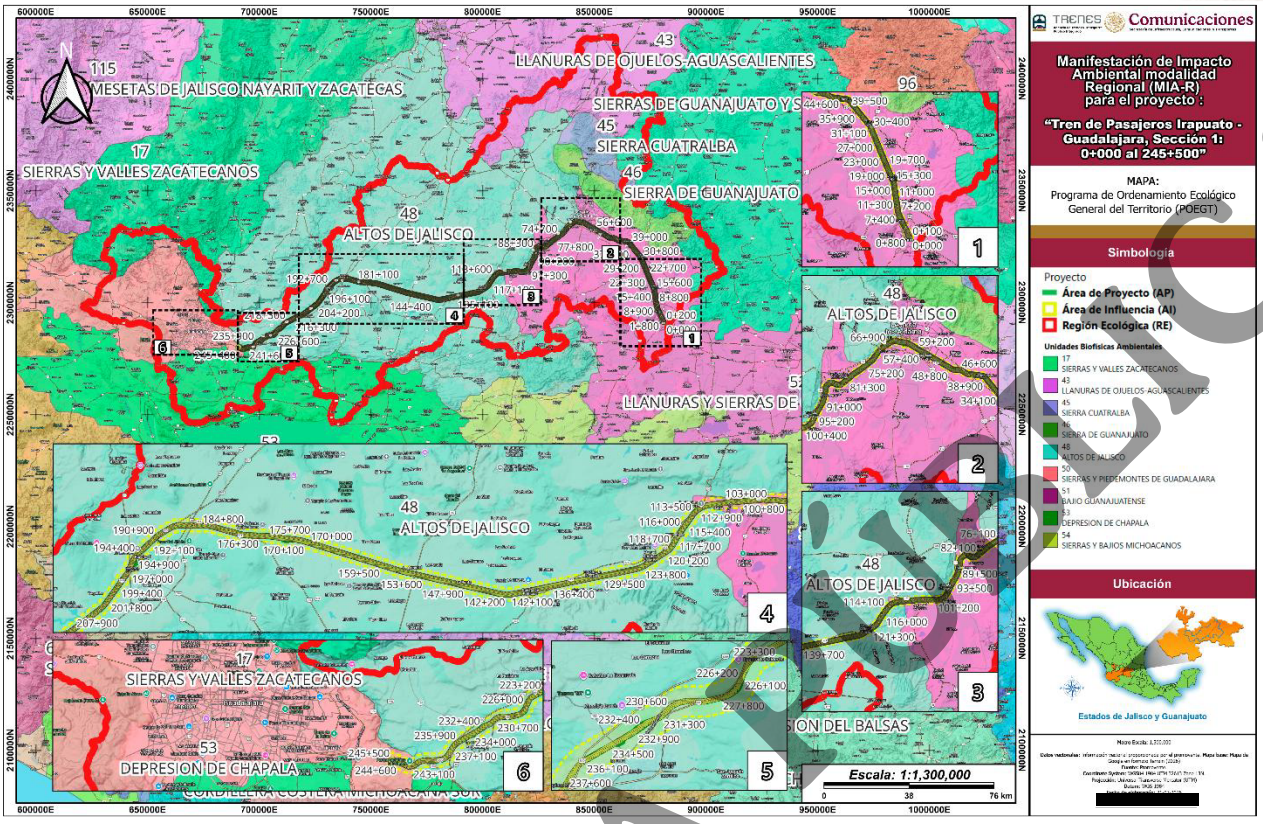


Figura II.1. Ubicación del Proyecto respecto al POEGT. Elaboración propia.

Para garantizar la sustentabilidad ambiental del territorio, el mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana, así como el fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional, el análisis se ha estructurado de manera estratégica. Dado que las Unidades de Gestión Ambiental (UAB) comparten diversas directrices, y con el propósito de evitar duplicidades en el análisis, la vinculación con el POETG se llevó a cabo mediante una tabla de cumplimiento que agrupa las estrategias aplicables al Proyecto.

A continuación, se presentan los criterios y las estrategias sectoriales de las UAB que resultan aplicables al Proyecto. Las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental están diseñadas para garantizar la viabilidad ambiental del mismo, minimizando las alteraciones sobre los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos durante sus diferentes etapas.

Cada una de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración llevará una clave que corresponde a las acciones y actividades que se describen en el Capítulo IV de esta manifestación:

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.24. Políticas y estrategias sectoriales de las UAB. Elaboración propia.

ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	**ESTRATEGIAS**	**CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN**
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	Para cumplir con este criterio, el Proyecto prevé como medida de compensación realizar acciones de restauración activa tanto en la zona del Bajío como dentro de las áreas que presenten ecosistemas forestales o de alto valor ecológico y promoviendo la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la Región Ecológica (RE). Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*** - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
	2. Recuperación de especies en riesgo.	Se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	**ESTRATEGIAS**	**CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN**
		CUMPLIMIENTO: MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*** - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El proyecto incorpora criterios de aprovechamiento racional mediante la reducción de superficies de afectación, el uso eficiente del espacio y la aplicación rigurosa de medidas de protección ambiental a lo largo de todas sus etapas constructivas. Entre las acciones contempladas destacan el manejo integral **de los residuos** que comprende la minimización, separación, acopio y disposición final adecuada y el control y mantenimiento preventivo de la maquinaria y vehículos que serán utilizados dentro de la obra. Para salvaguardar los componentes bióticos y compensar los impactos residuales, se ejecutarán acciones restauración activa para compensar los impactos que se ejercerán sobre los ecosistemas nativos. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*** - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	El Proyecto requiere autorización de CUSTF, por lo que se presentará el ETJ a las autoridades competentes. Para compensar la remoción de vegetación forestal se ejecutarán acciones de restauración activa para compensar los impactos que se ejercerán sobre los ecosistemas nativos, además de los adicionales que pudiera dictar la autoridad evaluadora de la DGGFSOE, favoreciendo el manejo sustentable del recurso forestal afectado. COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.*

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	**ESTRATEGIAS**	**CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN**
		- **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
	8. Valoración de los servicios ambientales.	Al haber vegetación forestal en algunas zonas a lo largo del trazo del Proyecto, se requiere realizar y someter a evaluación ETJ para la autorización de CUSTF conforme a la LGDFS y su Reglamento, lo que implica pérdida temporal de servicios ambientales (captura de carbono, regulación hídrica, protección del suelo), las cuales serán mitigadas y compensadas a través de las medidas del Capítulo IV de este estudio, específicamente a través del rescate y resguardo temporal del suelo para implementar arropes de taludes y su reincorporación al ecosistemas, construcción de ODTs y cunetas para permitir el flujo libre del agua. Para salvaguardar los componentes bióticos y compensar los impactos residuales, se ejecutarán acciones restauración activa para compensar los impactos que se ejercerán sobre los ecosistemas nativos. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - M06. *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* - M08. *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - M09. Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre. COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas.	El Proyecto da cumplimiento a este criterio mediante el análisis detallado de las condiciones ecosistémicas y las comunidades biológicas ubicadas en el área de influencia. Con base en la información vectorial de uso de suelo y vegetación (Serie VII de INEGI, 2021) y los recorridos de campo realizados, se determinó que la vegetación presente en el AP y en la superficie de CUSTF. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación

CONSULTA PÚBLICA



ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	**ESTRATEGIAS**	**CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN**
		activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - M06. *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* - M08. *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - M09. Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre. COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
D) Dirigidas a la Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El Proyecto se alinea de manera directa con este criterio al incorporar dentro de sus medidas de compensación la ejecución activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
B) Zonas de Riesgo y prevención de contingencias	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.	El Proyecto da cumplimiento a este criterio desde su etapa de planeación, en la cual se identificaron y evaluaron los riesgos naturales presentes a lo largo del trazo ferroviario a partir de los instrumentos oficiales de planeación territorial y gestión de riesgos. Derivado de este análisis, el diseño de la infraestructura incorpora especificaciones técnicas preventivas orientadas a mitigar posibles afectaciones por fenómenos naturales, con énfasis en el manejo de escurrimientos superficiales y la estabilidad del terreno.

CONSULTA PÚBLICA





ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	**ESTRATEGIAS**	**CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN**
		Para las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, se establecerán procedimientos específicos de seguridad y atención a contingencias orientados a salvaguardar la integridad de los trabajadores, de la población y del entorno ambiental. De forma complementaria, la correcta aplicación de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración; descritas en el capítulo IV de este documento. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
	26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.	El Proyecto se alinea con este criterio al incorporar rigurosos criterios de diseño e ingeniería orientados a optimizar la seguridad, estabilidad y funcionalidad de la infraestructura ferroviaria frente a los condicionantes físicos y naturales del entorno. Como parte de estas medidas se construirán obras de drenaje transversal y longitudinal que se han proyectado para garantizar el flujo seguro de los escurrimientos superficiales y mitigar la vulnerabilidad de la vía férrea ante eventos hidrometeorológicos extremos. Durante las etapas de operación y mantenimiento se implementarán programas de inspección sistemática y conservación de la infraestructura y sus obras complementarias, asegurando con ello su desempeño óptimo, la continuidad operativa y la resiliencia del Proyecto a lo largo de su vida útil. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
C) Agua y saneamiento	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Si bien el Proyecto **no contempla** descargas directas de aguas residuales a cuerpos hidrológicos, las actividades de preparación del sitio y construcción (como el desmonte, el despalme y la operación de maquinaria) conllevan riesgos potenciales de afectación indirecta a la calidad del agua superficial y a los procesos de infiltración por derrames accidentales. Para prevenir y mitigar estas incidencias, en el marco del proyecto se implementarán protocolos preventivos para el suministro de combustible a la maquinaria, el control y mantenimiento preventivo del equipo y la maquinaria, la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos, el manejo integral de los residuos, así como la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores. Como medida de compensación, se realizarán acciones de restauración activa tanto en la zona del Bajío como dentro de las áreas que presenten ecosistemas forestales o de alto valor ecológico y promoviendo la restauración y recuperación de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la Región Ecológica (RE). Adicionalmente, la recuperación de la cobertura vegetal es promovida a través de las **Medidas C01** *(Programa de Compensación zona el Bajío)* y la **C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales)*., que contribuirá a la recuperación de la vegetación, a la retención de suelos y a la protección de los recursos hídricos en la zona. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P03.** ***Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.*** **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)*.

CONSULTA PÚBLICA





ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	**ESTRATEGIAS**	**CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN**
		- **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	No aplica directamente al Proyecto o al promovente. Si bien la consolidación, planeación y gestión de los centros urbanos y zonas metropolitanas corresponden estrictamente al ámbito de competencia institucional y de los tres órdenes de gobierno, el Proyecto contribuye de manera indirecta y significativa a la consecución de este criterio mediante el desarrollo de infraestructura ferroviaria de pasajeros entre los estados de Jalisco y Guanajuato. Esta importante obra de transporte moderno diversifica y optimiza el sistema de conectividad regional, al ofrecer a la ciudadanía una alternativa de movilidad masiva, segura, eficiente, accesible y de bajo impacto ambiental frente a los medios convencionales. Al facilitar el desplazamiento fluido de personas entre centros urbanos y polos de desarrollo, el Proyecto mitiga externalidades negativas asociadas al transporte carretero; como la congestión vehicular y las emisiones contaminantes, fomentando la integración territorial, la competitividad logística y sentando bases sólidas para un desarrollo socioeconómico sustentable y equilibrado en toda la región de influencia. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E) Desarrollo Social	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas	El objeto principal del Proyecto no es la integración directa de núcleos agrarios al sector económico-productivo, de manera complementaria se promoverá la inclusión social a través de una política de contratación abierta e inclusiva. Durante las etapas de preparación, construcción y operación y mantenimiento, el promovente fomentará la igualdad de oportunidades laborales sin discriminación por motivos de género, origen étnico o condición social, priorizando la participación de las comunidades locales y localidades rurales de la zona de influencia conforme a la disponibilidad de personal y a los perfiles requeridos. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	El Proyecto no constituye un programa social de asistencia gubernamental, su ejecución contribuirá de manera directa a este criterio mediante la generación de empleos formales y remunerados dirigidos a la población local de la zona de influencia. La contratación de personal (tanto en las etapas de preparación del sitio y construcción como en la operación y mantenimiento) impulsará la reactivación económica regional, fomentando la adquisición de nuevas competencias técnicas y operativas en los trabajadores, lo que fortalece sus capacidades productivas y mejora las condiciones de bienestar en sus comunidades. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El trazo proyectado se ubica en terrenos de propiedad privada, por lo que corresponde a este régimen jurídico y no a predios ejidales, comunales o de propiedad social, que constituyen el supuesto específico al que se dirige esta estrategia. No obstante, el desarrollo de la infraestructura se llevará a cabo mediante los acuerdos legales, trámites y formalidades correspondientes que garanticen el respeto absoluto a los derechos de propiedad y a la normatividad aplicable. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



ESTRATEGIAS UAB 48, 50 y 51		CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA
POLÍTICA AMBIENTAL	ESTRATEGIAS	CUMPLIMIENTO Y VINCULACIÓN
B) Planeación del ordenamiento territorial	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	El Proyecto se vincula de manera directa con esta estrategia al tratarse de una obra de infraestructura ferroviaria de carácter interestatal que conecta los estados de Jalisco y Guanajuato. Su planeación, diseño y ejecución demandan una estrecha coordinación interinstitucional entre los tres órdenes de gobierno, así como la plena compatibilidad con los instrumentos de ordenamiento territorial, ecológico y de desarrollo urbano vigentes en la región, garantizando de este modo la congruencia con las directrices de política ambiental y regional establecidas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

La vinculación del Proyecto con el POEGT demuestra que las actividades proyectadas **guardan plena congruencia con las directrices de sustentabilidad ambiental, mejoramiento social y ordenamiento territorial** establecidas a escala **nacional.** A través de la implementación estructurada de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración, el Proyecto asegura un enfoque preventivo y de manejo responsable frente a los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos en sus diferentes etapas. La integración de protocolos específicos (como el manejo integral de residuos, la protección de la calidad del agua, la conservación de suelos, y Las acciones de rescate de flora y fauna) permite atender de manera puntual los criterios sectoriales de las UAB. Con ello, el Proyecto no solo minimiza sus potenciales impactos negativos sobre el entorno natural y los servicios ecosistémicos, sino que también consolida su viabilidad ambiental como una infraestructura de transporte masivo sustentable y de alta relevancia para el desarrollo regional.

Con base en la jerarquía de los instrumentos de planeación territorial y política ambiental, y de manera complementaria al análisis de escala nacional establecido en el POEGT, la evaluación del Proyecto incorpora también la congruencia con los ordenamientos de **carácter estatal** que regulan el uso del suelo y el desarrollo espacial en las regiones de influencia.

Bajo este contexto, para el tramo correspondiente a la entidad federativa de Guanajuato, se evalúa la vinculación con el instrumento rector en materia de planeación territorial y urbana, conforme se describe a continuación:

CONSULTA PÚBLICA



A) ESTADO DE GUANAJUATO

II.3.2 *Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET)*

Fecha de expedición y decreto de actualización: 02 de abril de 2019.
Fuente de consulta: Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato.
Descarga y consulta: Sistema de Administración de Medio Ambiente y Agua (SAMA) Guanajuato smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/

El acuerdo por el cual se aprueba la actualización del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET) fue publicado el 2 de abril de 2019 en el Periódico oficial del Estado de Guanajuato el cual propone un modelo para impulsar el mejor arreglo espacial para favorecer el desarrollo sustentable de la entidad, conteniendo el crecimiento de las ciudades a través de una densificación cualitativa de los espacios urbanos.

El PEDUOET es el instrumento de planeación con visión prospectiva de largo plazo, en el que se representa la dimensión territorial de los lineamientos y objetivos del Plan Estatal de Desarrollo y los ordenamientos jurídicos en materia ambiental, de desarrollo y movilidad.

El Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio (MOST) es la base de planeación y gestión territorial del estado de Guanajuato y contiene las Unidades de Gestión Ambiental Territorial (UGAT) a las que se vinculan una política ambiental-territorial, un lineamiento ecológico, las estrategias ambientales y territoriales, los usos de suelo adecuados para desarrollar en cada una de ellas y los criterios de regulación y directrices urbano-territoriales vinculados a estos.

Las políticas de ordenamiento ecológico territorial y ordenamiento urbano territorial son el marco general para la ocupación del territorio que considera las problemáticas o conflictos, las potencialidades y necesidades en cada unidad territorial que permitan dirigir el desarrollo, mejorando la calidad de vida de su población. Entre las políticas de ordenamiento se encuentran las siguientes:

- **Aprovechamiento sustentable:** Se asigna a las zonas aptas para el uso y manejo de los recursos naturales, conforme a la capacidad de carga y tengan el menor impacto negativo con base a los indicadores de la autoridad competente. Las actividades que se desarrollen dentro de esta política serán en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y condicionadas de acuerdo con las características de la zona.

- **Conservación:** Esta política ecológica tiene como objetivo mantener las estructuras, procesos y los servicios ambientales en áreas donde el grado de deterioro no alcanza niveles significativos y cuyos usos actuales o propuestos son de bajo impacto. Las actividades que se desarrollen dentro de esta política deberán garantizar la conservación de los recursos naturales, permitiendo aquellas que tengan un bajo impacto en el ambiente y no degraden la vegetación y el suelo.

CONSULTA PÚBLICA





- **Restauración:** Está dirigida a zonas que han sufrido cambios estructurales en los ecosistemas y presentan un alto grado de fragmentación por la masificación de actividades antropogénicas o de cambio climático. Promueve la aplicación de programas y actividades encaminados a recuperar o minimizar las afectaciones producidas que propicien la evolución y continuidad del ecosistema se aplicará alguna otra política ya sea de protección, conservación o aprovechamiento.

- **Protección:** Esta política es dirigida a las zonas que, dadas sus características de biodiversidad, extensión, bienes y servicios ambientales, tipos de vegetación o presencia de especies con algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, hacen imprescindible salvaguardar la permanencia de ecosistemas nativos relevantes. En estas Unidades de Gestión Ambiental y Territorial se busca asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos. Quedan prohibidas las actividades productivas y nuevos asentamientos humanos; se permitirá la realización de actividades de educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental que no impliquen modificación de las características o condiciones originales de los ecosistemas y que formen parte de los usos y costumbres de la población local.

- **Área Natural Protegida:** Zona del territorio estatal en la que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieran ser protegidas, conservadas y/o restauradas. Estas áreas prestan servicios ambientales, tienen elementos únicos paisajísticos y/o culturales, o se caracterizan por albergar especies endémicas.

Políticas de Ordenamiento Urbano Territorial

- **Consolidación:** Política orientada a incrementar tanto la eficacia como la optimización de la actividad de aprovechamiento del territorio, fomentando tanto el uso de espacios vacantes, lotes baldíos y predios subutilizados, como el uso eficiente de la infraestructura pública, los nuevos procesos tecnológicos y los servicios existentes.

- **Mejoramiento:** Con esta política se busca renovar las zonas con vocación para el subsector deteriorado física y/o funcionalmente o con un incipiente desarrollo. También se busca reordenar dichos espacios reduciendo la incompatibilidad en los usos y destinos del suelo.

- **Conservación urbana:** Tiene como propósito mantener en óptimo funcionamiento la infraestructura, equipamiento urbano e instalaciones para la prestación de servicios públicos; preservar las edificaciones, monumentos públicos, áreas verdes y jardines, y el patrimonio cultural o arquitectónico; así como proteger y/o restaurar las condiciones ambientales de los centros de población.

- **Crecimiento:** Su fin es ordenar y regular la expansión física de los subsectores productivos, tanto espacial como temporalmente, ocupando áreas o predios susceptibles de aprovechamiento sustentable, conforme a las disposiciones de los programas de ordenamiento municipales.

Dicho ordenamiento cuenta con 817 UGAT de las cuales el Proyecto se encuentra en 25 UGAT trazo (197, 223, 234, 241, 246, 255, 262, 268, 273, 277, 282, 286, 301, 304, 309, 313, 317, 338, 340, 343, 350, 359, 393, 432 y 463). Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 7.21 % de la superficie incide dentro a la UGAT 393, seguido de un 5.89 % dentro de la UGAT 246, en un 5.45 % dentro de la UGAT 359 y el 4.59 % dentro de la UGAT 340, mientras que el resto de las incidencias corresponde a porcentajes menores del 4 %. Asimismo, se destaca que el 60.91 % no presenta incidencias con este Ordenamiento.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.25. **Porcentaje de incidencia dentro del PEDUOET de Guanajuato. Elaboración propia.**

UGAT	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
197	28,988	0.29
223	117,317	1.19
234	4,774	0.05
241	4,732	0.05
246	579,021	5.89
255	214,114	2.18
262	58,386	0.59
268	7,172	0.07
273	60,376	0.61
277	31,237	0.32
282	138,315	1.41
286	132,515	1.35
301	54,382	0.55
304	30,635	0.31
309	34,238	0.35
313	173,551	1.76
317	60,963	0.62
338	70,836	0.72
340	451,841	4.59
343	68,829	0.70
350	157,465	1.60
359	535,682	5.45
393	709,220	7.21
432	60,193	0.61
463	59,582	0.61
Sin incidencia	5,990,106	60.91
Total	**9,834,472**	**100.00**

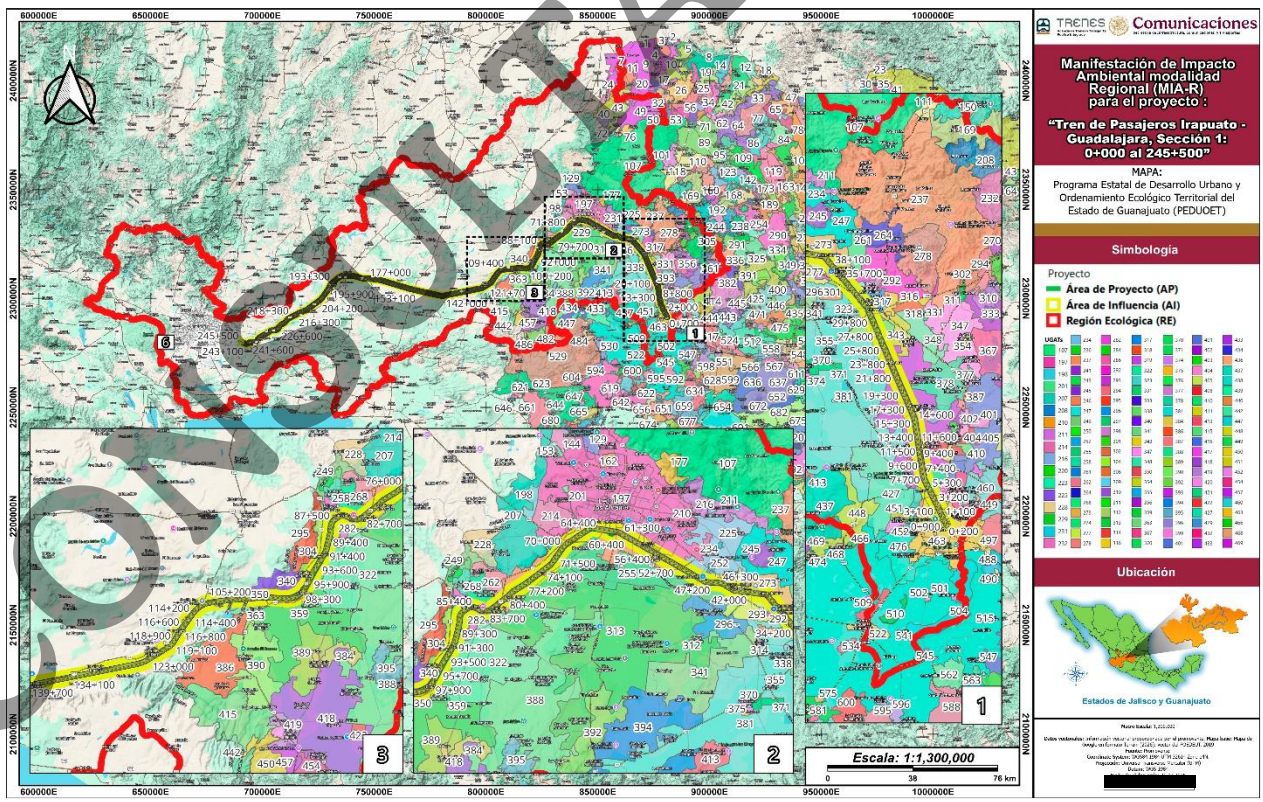
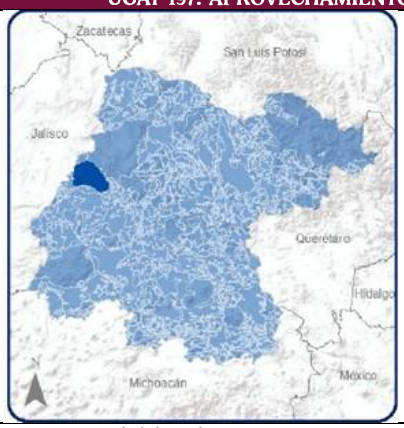
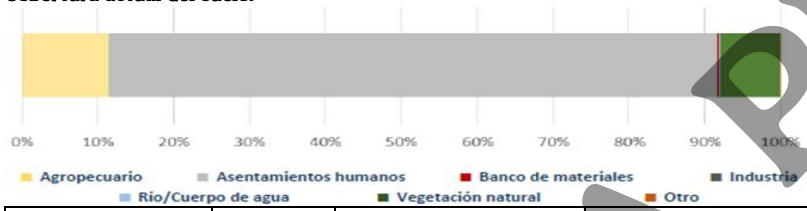


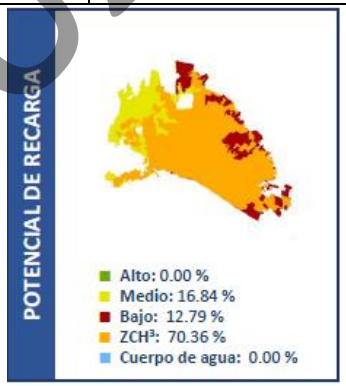
Figura II.2. Ubicación del trazo del Proyecto en el PEDUOET de Guanajuato. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

En los siguientes cuadros se describen las UGAT aplicables y sus criterios ecológicos:

Tabla II.26. Descripción de la UGAT 197. Aprovechamiento para Asentamiento Humano Urbano en Ciudad Central
Elaboración propia.

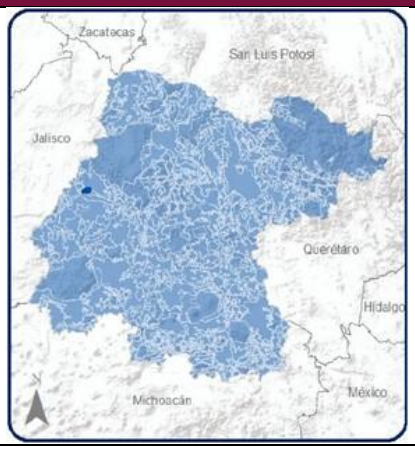
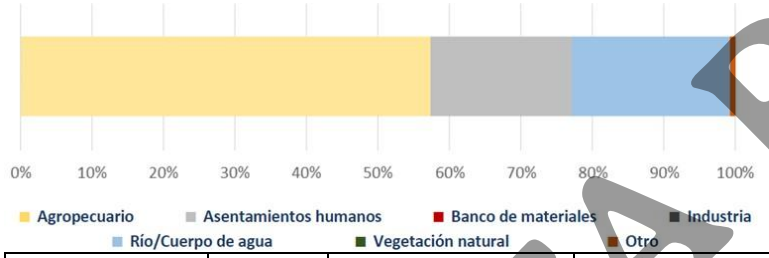
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 197. APROVECHAMIENTO PARA ASENTAMIENTO HUMANO URBANO EN CIUDAD CENTRAL</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
22,705.01 ha</td><td>Política ecológica:
Aprovechamiento Sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


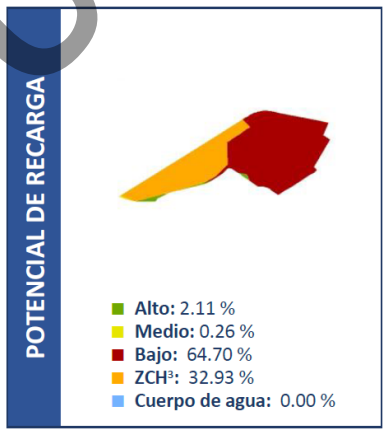


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Baja</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Bajo</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Media</td><td>Fijación de carbono: Baja</td><td>Riqueza de especies: 254</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td>Erosión: Moderada</td><td></td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td>Inundación</td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras SUR y SUBSUR vecinas para "tomar prestado" el tamaño y la calidad, asegurando efectos indirectos positivos para el desarrollo de regiones más amplias. Mantener la adaptabilidad necesaria para responder a las modificaciones nacionales, a través de estructuras de rápida adaptación en los sectores pensadores, fabricantes y comerciantes. Las instituciones de educación superior deberán ser receptivas a los cambios, adaptables, con un cuerpo de docentes entrenado a modificar los programas de enseñanza conforme a las necesidades que van creándose a nivel global. De la misma forma los espacios industriales deberán permitir rápidas trasformaciones, facilitar la integración de la producción y el acceso a los mercados, para que estos sean a su vez accesibles. La Ciudad Central deberá ser pensada como el motor regional generador de los flujos económicos, sociales e informacionales. Se garantizarán los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Proyectos de energía eólica, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm19, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt03, EFt04, EFt05, EFt06, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EUr19, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.27. Descripción de la UGAT 223. Restauración de Cuerpos de Agua y Ecosistemas Acuáticos. Elaboración propia.

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 223. RESTAURACIÓN DE CUERPOS DE AGUA Y ECOSISTEMAS ACUÁTICOS</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
389.51 ha</td><td>Política ecológica:
Restauración</td><td>Política territorial:
Mejoramiento</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


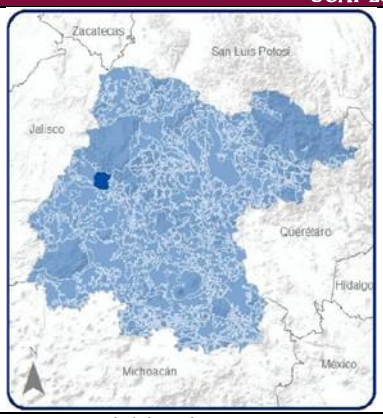


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 125</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Recuperar las funciones ecológicas y la calidad del agua del cuerpo de agua contaminado mediante su adecuado manejo ambiental.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Ifp04, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl19, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm03, EAm14, EAm15, EAm18, EAm19, EAm20.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.28. Descripción de la UGAT 234. Aprovechamiento sujeto a PDMDUOET. Elaboración propia.

UGAT 234. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET

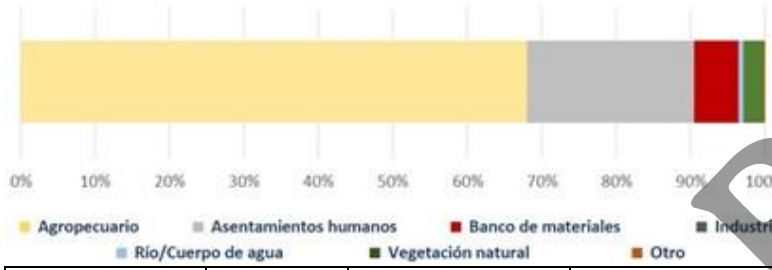


Superficie en ha: 5,275.12 ha

Política ecológica: Aprovechamiento sustentable

Política territorial: Crecimiento

Cobertura actual del suelo:



APCEB[1]:	Sin prioridad	Recarga de acuífero: Baja	Paisaje estético: Sin paisaje
APMSA[2]:	Baja	Fijación de carbono: Sin fijación	Riqueza de especies: 203
Retención de suelo:	Baja	Erosión: Moderada	
Riesgos:	Inundación		

POTENCIAL DE RECARGA



- Alto: 0.00 %
- Medio: 19.75 %
- Bajo: 69.43 %
- ZCH[3]: 10.82 %
- Cuerpo de agua: 0.00 %

Lineamiento:	Promover un crecimiento de la ciudad central bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. La Ciudad Central deberá ser pensada como el motor regional generador de los flujos económicos, sociales e informacionales. Se garantizarán los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.

Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, **Infraestructura lineal**, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Minería no metálica de alta disponibilidad.

Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Proyectos de energía eólica, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.

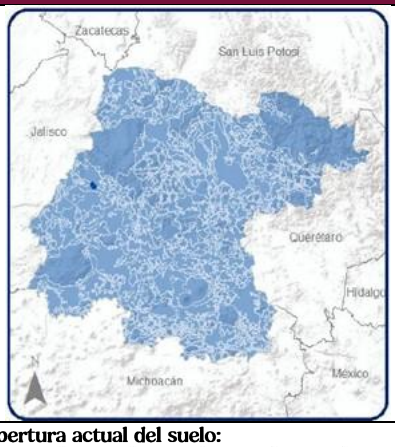
Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.

Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt03, EFt04, EFt07, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc07, EEc08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc16.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.29. Descripción de la UGAT 241. Aprovechamiento para Asentamiento Urbano en Centro Integrador de Servicios Básicos Urbanos. Elaboración propia.

UGAT 241. APROVECHAMIENTO PARA ASETAMIENTO URANO EN CENTRO INTEGRADOR DE SERVICIOS BÁSICOS URBANOS

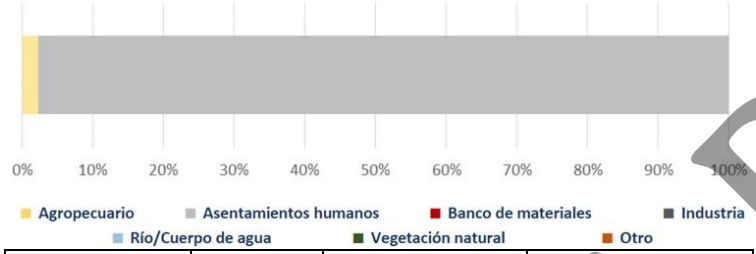


Superficie en ha: 154.28 ha

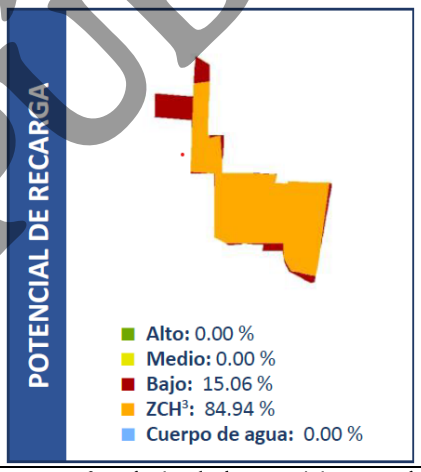
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable

Política territorial: Mejoramiento

Cobertura actual del suelo:



APCEB[1]:	Sin prioridad	Recarga de acuífero: Baja	Paisaje estético: Sin paisaje
APMSA[2]:	Baja	Fijación de carbono: Sin fijación	Riqueza de especies: 203
Retención de suelo:	Baja	Erosión: Moderada	
Riesgos:	Inundación		



Lineamiento: Garantizar el desarrollo urbano-rural de los asentamientos humanos fortaleciendo los servicios para la población de la localidad y la que depende de ella por la cercanía. Contemplar el incremento de la densidad poblacional como de la intensidad y diversificación de usos y servicios, para que la localidad funcione como centro proveedor de servicios a las comunidades rurales y forme parte de la red de ciudades bajo una estructura policéntrica. Garantizar una calidad de vida adecuada a sus habitantes y a los de las localidades rurales que de ella dependen considerando los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género. Responder a los cambios requeridos por el desarrollo del entorno rural, proporcionando servicios e interacciones a niveles de cadenas productivas más efectivos gracias a la concentración en un espacio urbano. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación urbano -rural y la comunicación con las ciudades de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano - rural. Potenciar el desarrollo de la localidad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.

Actividades compatibles: Acuacultura, Agroindustria, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, **Infraestructura lineal**, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera.

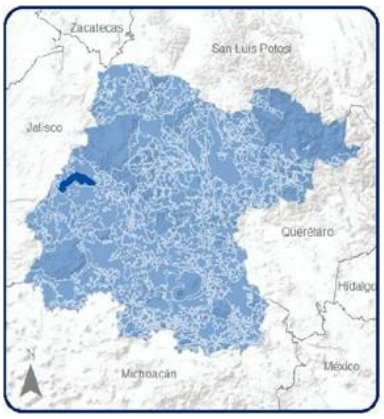
Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Turismo convencional, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.

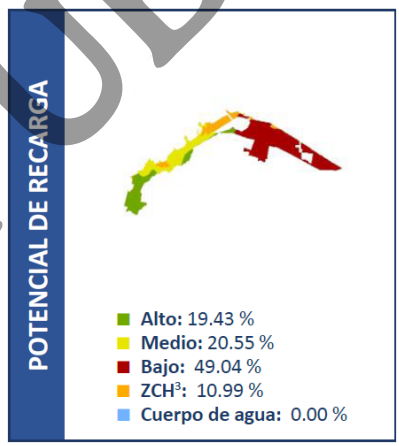
Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu11, Ahu15, Ahu16, Ahu18, Ahu20, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl13.

Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt02, EFt06, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt20, EFt22, ESo01, ESo02, ESo06, ESo07, ESo08, EEc15.

CONSULTA PÚBLICA

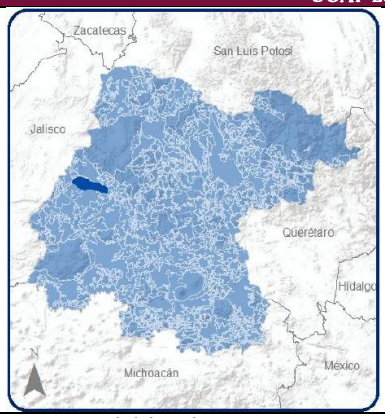
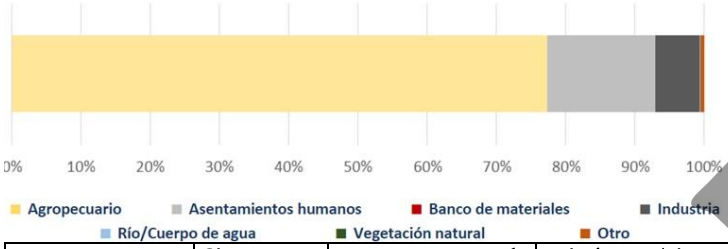
Tabla II.30. Descripción de la UGAT 246. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

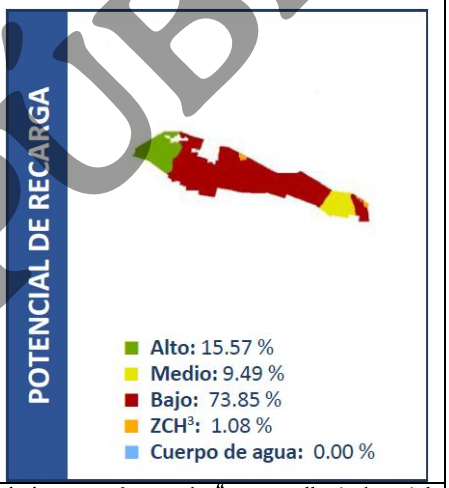
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 246. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
4,912.98 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Baja</td><td>Riqueza de especies: 254</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Moderada</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover el desarrollo del sector industrial Guanajuatense bajo un enfoque de “Desarrollo industrial sostenible e inclusivo”, que fomente una economía sana y empleos de calidad minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental negativo y promoviendo los intereses de la sociedad guanajuatense en su conjunto. Fortalecer el sistema de innovación de Guanajuato y su articulación con las demandas productivas y sociales. Impulsar un desarrollo bajo un enfoque de ecología industrial que reduzca los impactos ambientales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agroindustria, Turismo convencional, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm18, EAm19, EAm20, ESo03, EEc12, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.31. Descripción de la UGAT 255. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

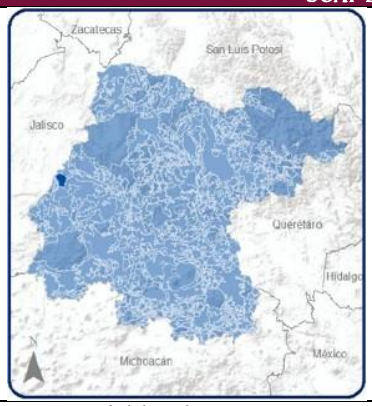
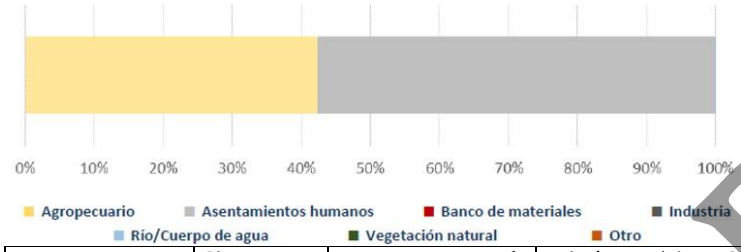
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 255. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
7,671.52 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


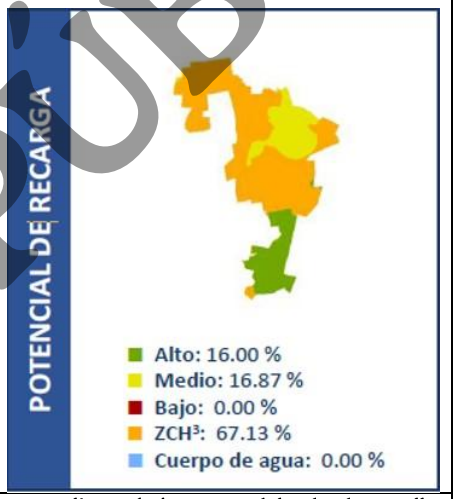


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 148</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover el desarrollo del sector industrial Guanajuatense bajo un enfoque de "Desarrollo industrial sostenible e inclusivo", que fomente una economía sana y empleos de calidad minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental negativo y promoviendo los intereses de la sociedad guanajuatense en su conjunto. Fortalecer el sistema de innovación de Guanajuato y su articulación con las demandas productivas y sociales. Impulsar un desarrollo bajo un enfoque de ecología industrial que reduzca los impactos ambientales. Impulsar la productividad de las actividades de agricultura de riego fuera de las zonas industriales utilizando paquetes tecnológicos que sistemas de irrigación tecnificados que ahorren agua, reduciendo la cantidad de agroquímicos y la compactación de los suelos con las maquinarias agrícolas, y promoviendo una agricultura climáticamente inteligente.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt12, ESo03, EEc07, EEc08, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

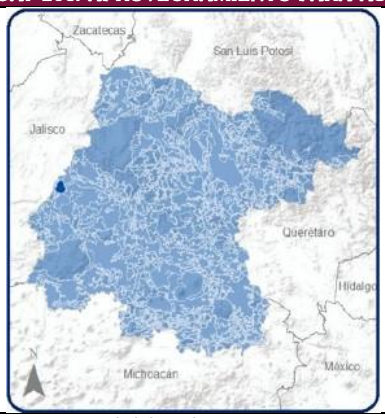
Tabla II.32. Descripción de la UGAT 262. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

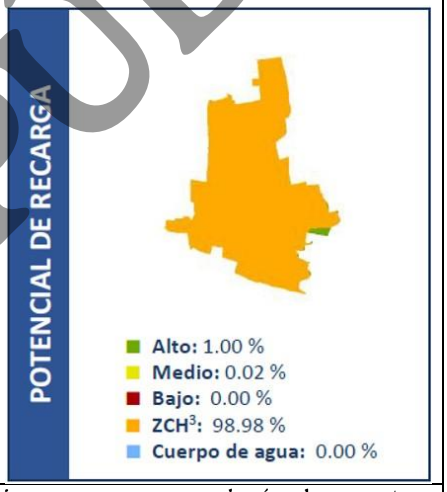
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 262. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
1,260.83 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Crecimiento</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Baja</td><td>Riqueza de especies: 254</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Moderada</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover un crecimiento de la ciudad de articulación metropolitana bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras localidades de la zona metropolitana. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación y la comunicación con las ciudades centrales de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano-rural y los centros articuladores del sistema y centros integradores de servicios básicos urbanos. Potenciar el desarrollo de la ciudad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos rurales, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt04, EFt07, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc07, EEc08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc16, EEc20.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

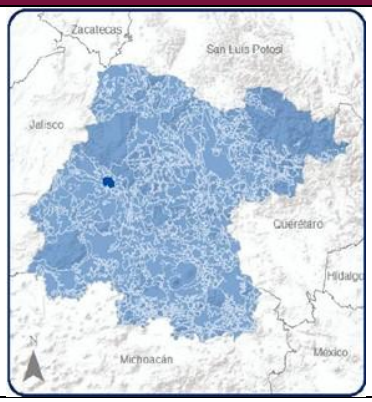
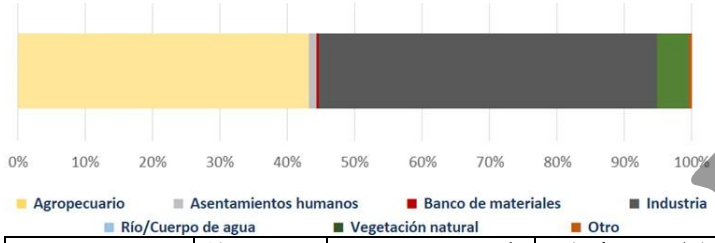
Tabla II.33. Descripción de la UGAT 268. Aprovechamiento para Asentamiento Humano Urbano en Centro Articulador Metropolitano. Elaboración propia.

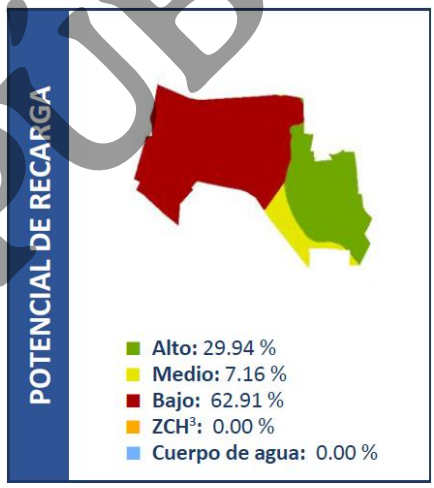
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 268. APROVECHAMIENTO PARA ASENTAMIENTO HUMANO URBANO EN CENTRO ARTICULADOR METROPOLITANO</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
1,241.14 ha</td><td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Mejoramiento</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Sin recarga</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 123</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras localidades de la zona metropolitana para "tomar prestado" el tamaño y la calidad, asegurando efectos indirectos positivos para el desarrollo de regiones más amplias. Contemplar el incremento de la densidad poblacional como de la intensidad y diversificación de usos y servicios. Garantizar una calidad de vida adecuada a sus habitantes y a los de las localidades rurales quede ella dependen considerando los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación y la comunicación con las ciudades centrales de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano-rural y los centros articuladores del sistema y centros integradores de servicios básicos urbanos. Potenciar el desarrollo de la ciudad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos rurales, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt04, EFt05, EFt06, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EUr19, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo06, ESo07, ESo08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc20.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

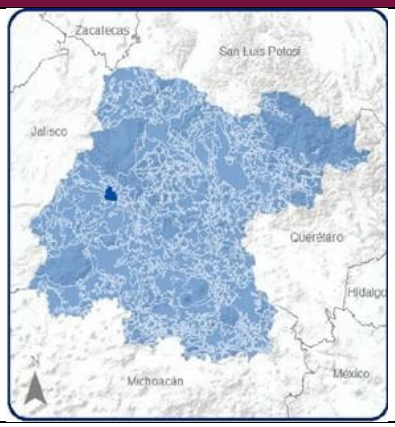
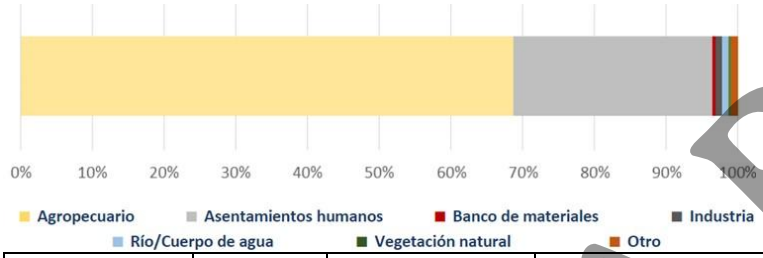
Tabla II.34. Descripción de la UGAT 273. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

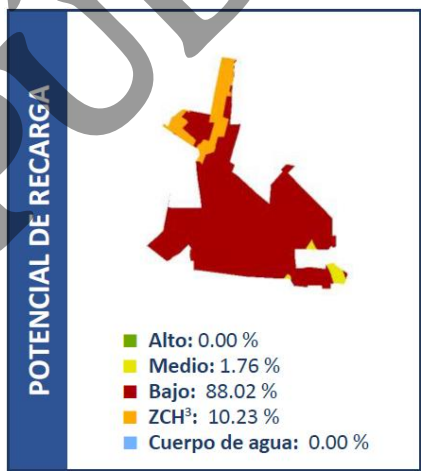
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 273. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
2,014.23 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Media</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 89</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover el desarrollo del sector industrial Guanajuatense bajo un enfoque de “Desarrollo industrial sostenible e inclusivo”, que fomente una economía sana y empleos de calidad minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental negativo y promoviendo los intereses de la sociedad guanajuatense en su conjunto. Fortalecer el sistema de innovación de Guanajuato y su articulación con las demandas productivas y sociales. Impulsar un desarrollo bajo un enfoque de ecología industrial que reduzca los impactos ambientales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agroindustria, Turismo convencional, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt12, ESo03, EEc12, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

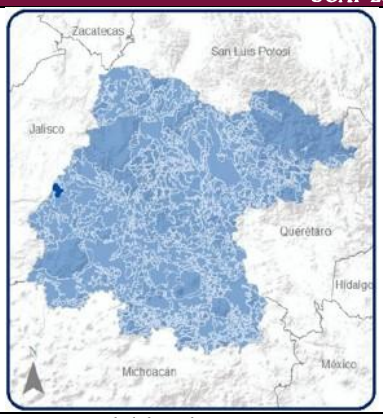
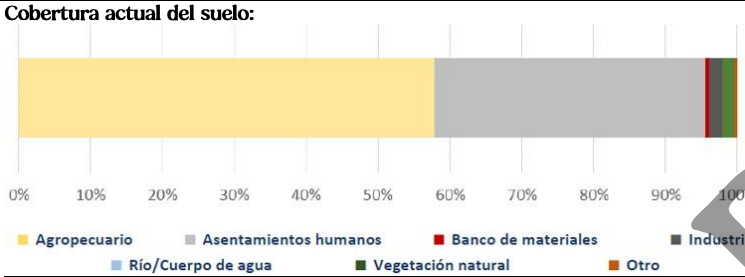
Tabla II.35. Descripción de la UGAT 277. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

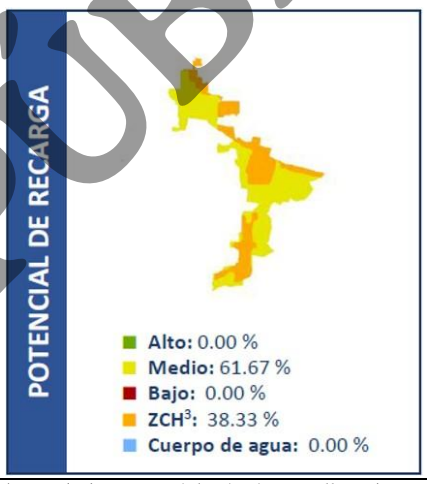
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 277. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
1,895.65 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 123</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Consolidar el aprovechamiento sustentable de corredores económicos mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área, impulsando zonas estratégicas para el desarrollo y la prestación de servicios urbanos y metropolitanos.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos urbanos, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt02, EFt07, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo08, EEc12, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.36.. Descripción de la UGAT 282. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

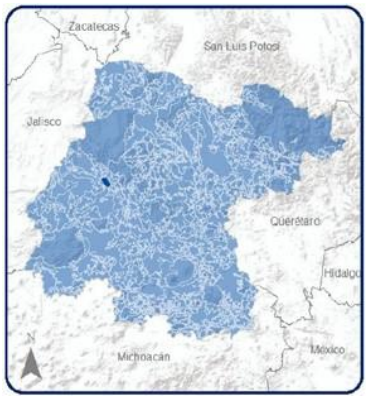
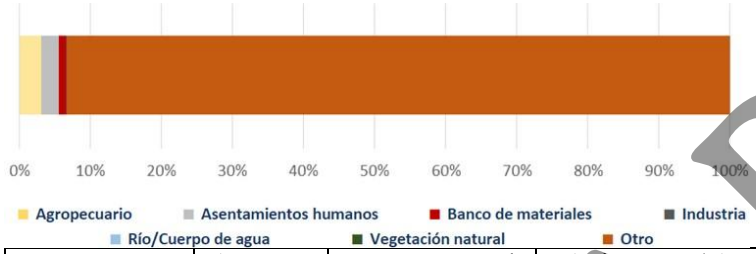
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 282. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
934.77 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Crecimiento</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


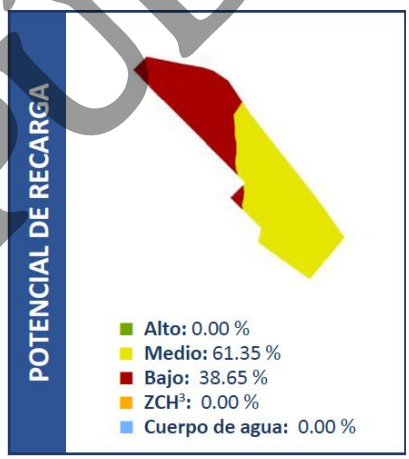


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Sin recarga</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 123</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover un crecimiento de la ciudad de articulación metropolitana bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras localidades de la zona metropolitana. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación y la comunicación con las ciudades centrales de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano-rural y los centros articuladores del sistema y centros integradores de servicios básicos urbanos. Potenciar el desarrollo de la ciudad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt04, EFt07, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc07, EEc08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc16, EEc20.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.37. Descripción de la UGAT 286. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

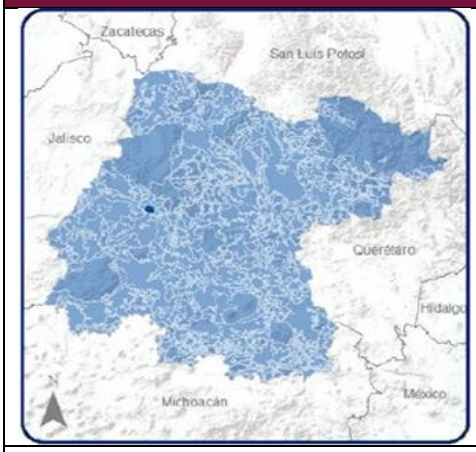
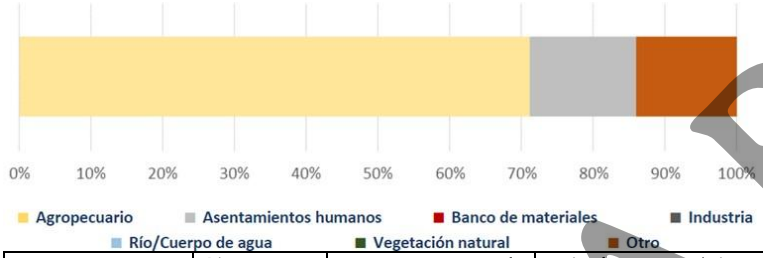
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 286. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
452.37 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Mejoramiento</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


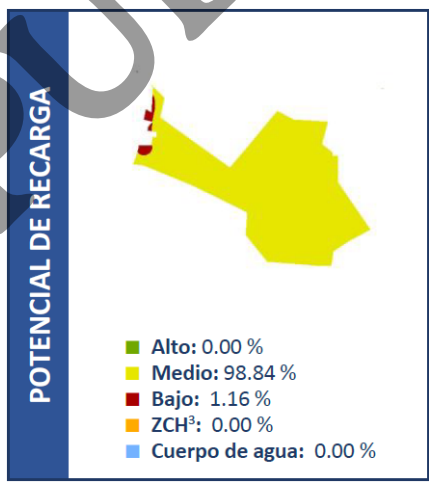


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Media</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 89</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Consolidar el aprovechamiento sustentable de corredores económicos mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas de los habitantes del área, impulsando zonas estratégicas para el desarrollo.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Turismo convencional, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Proyectos de energía eólica, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estratégias: EAm15, EAm19, EAm20, EFt12, EEc12, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

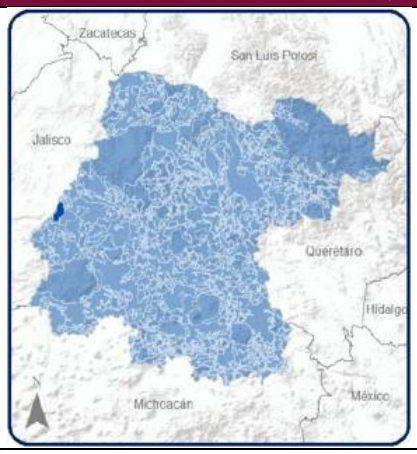
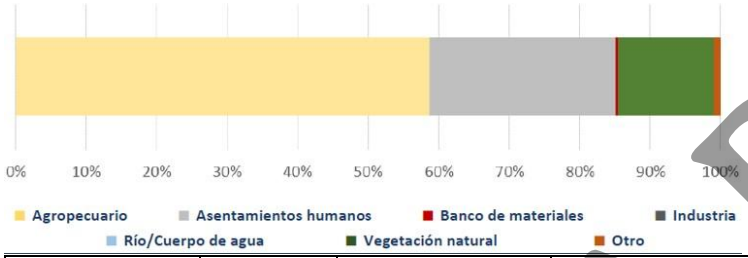
Tabla II.38. Descripción de la UGAT 301. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

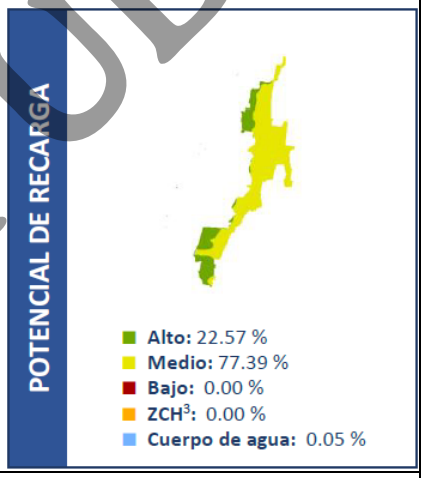
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 301. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
302.42 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 171</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Consolidar el aprovechamiento sustentable de corredores económicos mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área, impulsando zonas estratégicas para el desarrollo y la prestación de servicios urbanos y metropolitanos.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos urbanos, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt02, EFt07, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo06, ESo08, EEc12, EEc15, EEc16, EEc20.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.39. Descripción de la UGAT 304. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

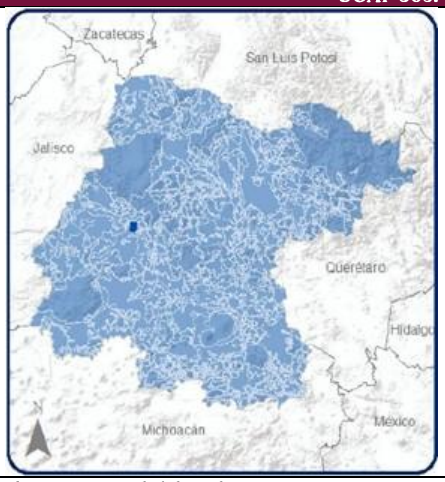
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 304. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
1,040.19 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Baja</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Bajo</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Alta</td><td>Fijación de carbono: Baja</td><td>Riqueza de especies: 171</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Moderada</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Consolidar el aprovechamiento sustentable de corredores económicos mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área, impulsando zonas estratégicas para el desarrollo y la prestación de servicios urbanos y metropolitanos.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos urbanos, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt02, EFt07, EFt10, EFt11, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo08, EEc12, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.40. Descripción de la UGAT 309. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

UGAT 309. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET

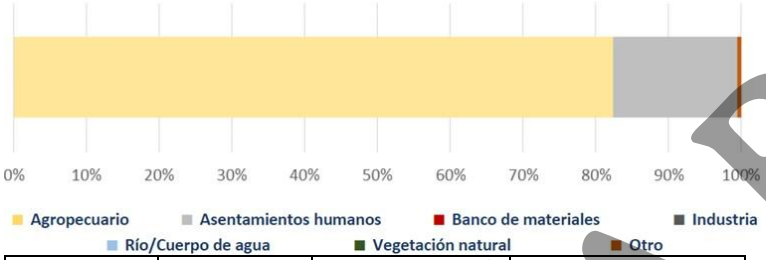


Superficie en ha: 638.92 ha

Política ecológica: Aprovechamiento sustentable

Política territorial: Crecimiento

Cobertura actual del suelo:



APCEB[1]:	Sin prioridad	Recarga de acuífero: Sin recarga	Paisaje estético: Sin paisaje
APMSA[2]:	Media	Fijación de carbono: Sin fijación	Riqueza de especies: 79
Retención de suelo:	Baja	Erosión: Sin erosión	
Riesgos:	Inundación		



Lineamiento:	Promover un crecimiento de la ciudad de articulación metropolitana bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras localidades de la zona metropolitana. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación y la comunicación con las ciudades centrales de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano-rural y los centros articuladores del sistema y centros integradores de servicios básicos urbanos. Potenciar el desarrollo de la ciudad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.

Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera.

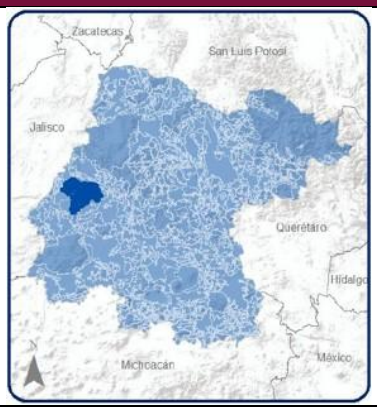
Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos rurales, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.

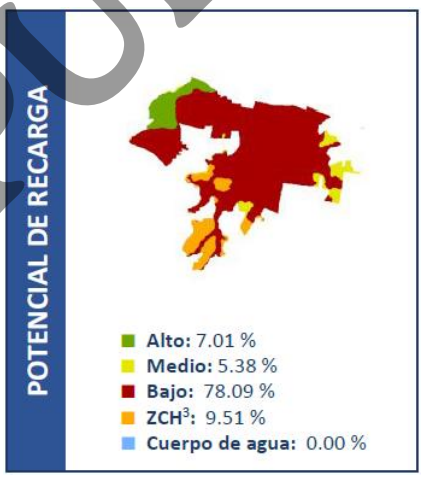
Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17.

Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt04, EFt07, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc07, EEc08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc16.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.41. Descripción de la UGAT 313. Aprovechamiento Agropecuario de Agricultura de Riego. Elaboración propia.

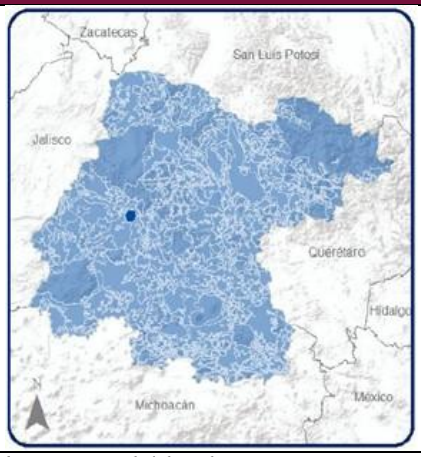
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 313. APROVECHAMIENTO AGROPECUARIO DE AGRICULTURA DE RIEGO</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
31,805.38 ha</td><td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 148</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Impulsar la productividad de las actividades de agricultura de riego (28,027.5 ha) utilizando paquetes tecnológicos que sistemas de irrigación tecnificados que ahorren agua, reduciendo la cantidad de agroquímicos y la compactación de los suelos con las maquinarias agrícolas, y promoviendo una agricultura climáticamente inteligente.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Minería metálica, Minería no metálica de alta disponibilidad, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura de área, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr01, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agh01, Agh03, Agh04, Agh05, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex08, Gex09, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl10, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl21, Ifl22, Ifl23, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Mim01, Mim02, Mim03, Mim04, Mim05, Mim06, Mim07, Mim08, Mim09, Mim10, Mim11, Mim12, Mim13, Mim14, Mim15, Mim16, Mim17, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm04, EAm05, EAm12, EAm13, EAm15, EAm19, EAm20, ESo03, EEc01, EEc04, EEc06, EEc07, EEc08, EEc09, EEc10.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.42. Descripción de la UGAT 317. Aprovechamiento para Asentamiento Humano Urbano en Centro Articuladore Metropolitano Elaboración propia.

UGAT 317. APROVECHAMIENTO PARA ASENTAMIENTO HUMANO URBANO EN CENTRO ARTICULADOR METROPOLITANO

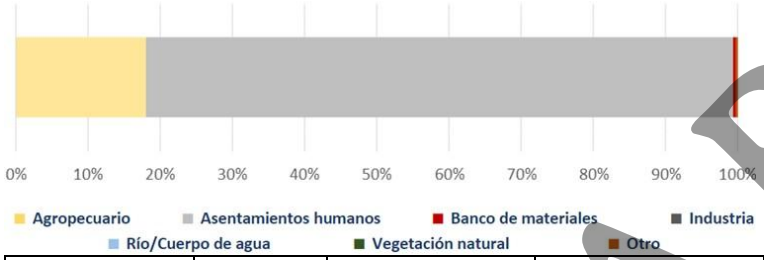


Superficie en ha: 1,147.78 ha

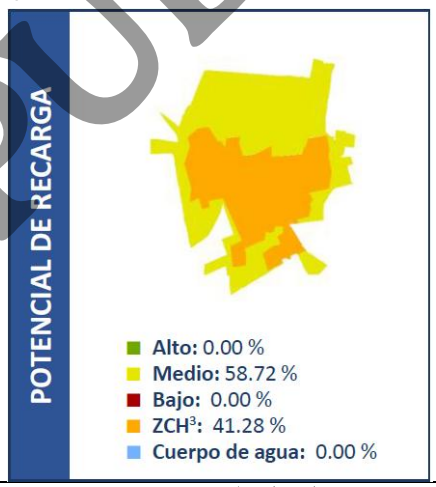
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable

Política territorial: Mejoramiento

Cobertura actual del suelo:



APCEB[1]:	Sin prioridad	Recarga de acuífero: Baja	Paisaje estético: Sin paisaje
APMSA[2]:	Baja	Fijación de carbono: Sin fijación	Riqueza de especies: 106
Retención de suelo:	Baja	Erosión: Sin erosión	
Riesgos:	Inundación, Falla		



Lineamiento: Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras localidades de la zona metropolitana para "tomar prestado" el tamaño y la calidad, asegurando efectos indirectos positivos para el desarrollo de regiones más amplias. Contemplar el incremento de la densidad poblacional como de la intensidad y diversificación de usos y servicios. Garantizar una calidad de vida adecuada a sus habitantes y a los de las localidades rurales quede ella dependen considerando los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación y la comunicación con las ciudades centrales de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano-rural y los centros articuladores del sistema y centros integradores de servicios básicos urbanos. Potenciar el desarrollo de la ciudad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.

Actividades compatibles: Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, **Infraestructura lineal**, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.

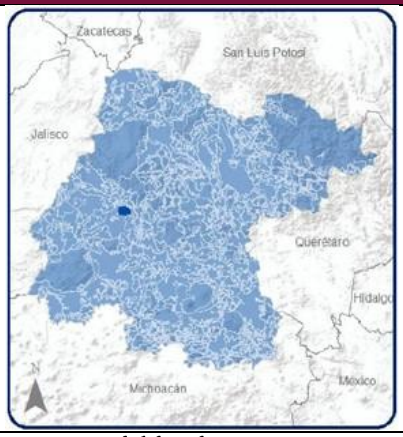
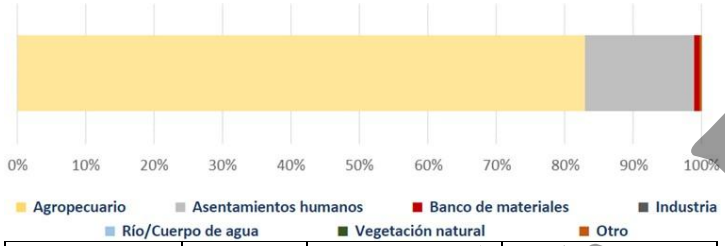
Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos rurales, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.

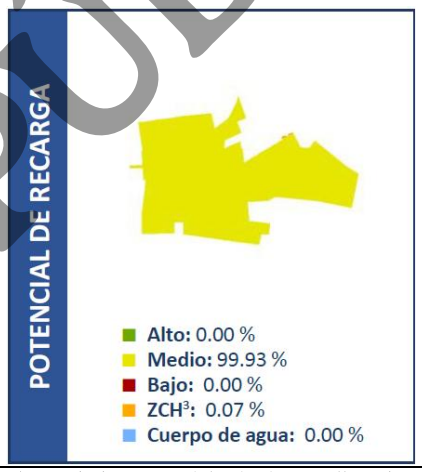
Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.

Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt04, EFt05, EFt06, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EUr19, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc20.

CONSULTA PÚBLICA

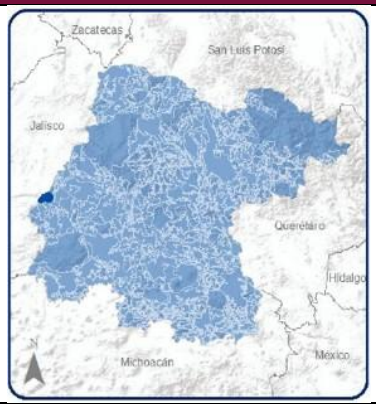
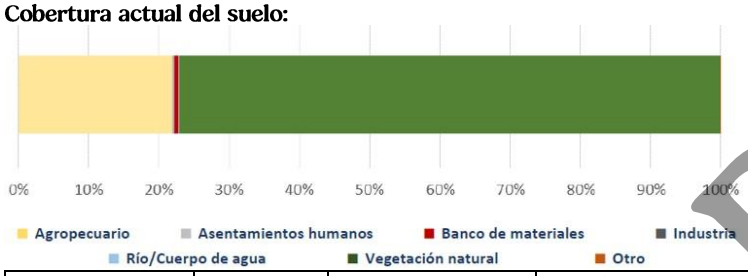
Tabla II.43. Descripción de la UGAT 338. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

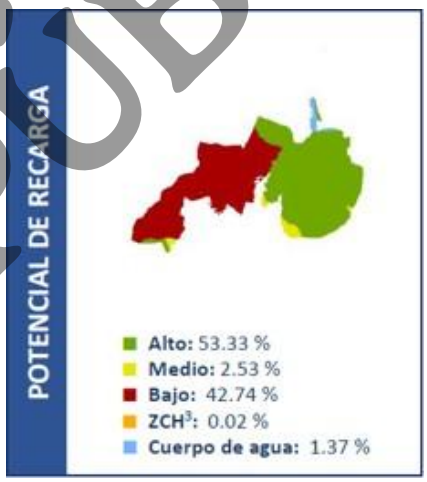
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 338. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
1,371.41 ha</td><td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Crecimiento</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Baja</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 106</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación, Falla</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover un crecimiento de la ciudad de articulación metropolitana bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras localidades de la zona metropolitana. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación y la comunicación con las ciudades centrales de mayor nivel jerárquico en el sistema urbano-rural y los centros articuladores del sistema y centros integradores de servicios básicos urbanos. Potenciar el desarrollo de la ciudad mediante el impulso económico, adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, <u>Infraestructura puntual</u>, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos rurales, Proyectos de energía eólica, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt04, EFt07, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc07, EEc08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

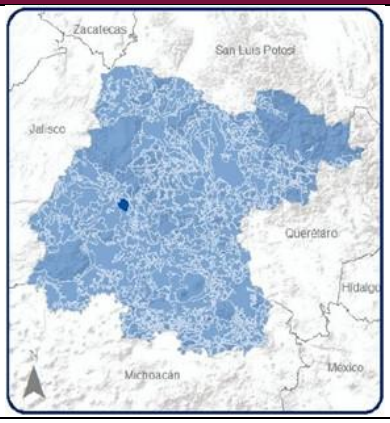
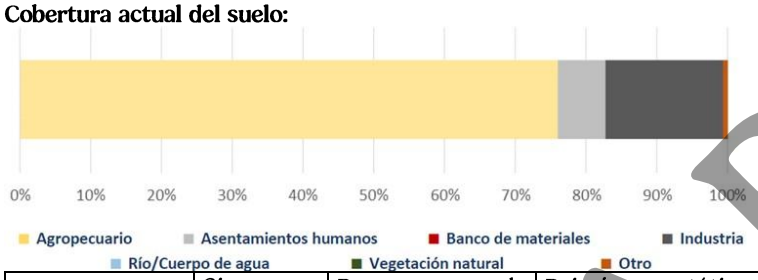
Tabla II.44. Descripción de la UGAT 340. Restauración de ecosistemas. Elaboración propia.

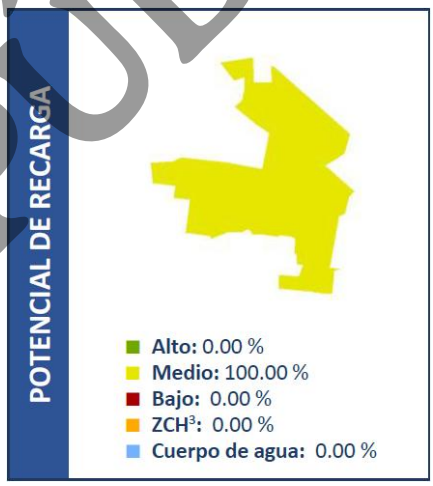
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 340. RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
2,472.67 ha</td>
<td>Política ecológica:
Restauración</td>
<td>Política territorial:
Mejoramiento</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Baja</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Bajo</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Alta</td><td>Fijación de carbono: Baja</td><td>Riqueza de especies: 171</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Moderada</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación, Falla</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Recuperar la cobertura vegetal original y las funciones ecológicas de los ecosistemas, restaurando 486.15 ha a corto plazo, 486.15 ha a mediano plazo y 648.2 ha a largo plazo de zonas preferentemente forestales deforestadas y ecosistemas degradados.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agricultura de temporal, Ganadería extensiva, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Proyectos de energía eólica, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Agroindustria, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agt01, Agt02, Agt03, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Gex01, Gex02, Gex03, Gex04, Gex05, Gex06, Gex07, Gex08, Gex10, Gex11, Gex12, Fnm01, Fnm02, Fnm03, Fnm04, Fnm05, Fnm06, Fnm07, Fnm08, Tal01, Tal02, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal15, Tal16, Tal17, Tal18, Tal19, Tal20, Tal21, Ifp01, Ifp02, Ifl02, Ifl03, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl07, Ifl08, Ifl09, Ifl11, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl15, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl23, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol06, Eol07, Eol08, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm03, EAm04, EAm05, EAm07, EAm08, EAm11, EAm12, EAm13, EAm15, EAm19, EAm20, ESo03, EEc07, EEc11, EEc13.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

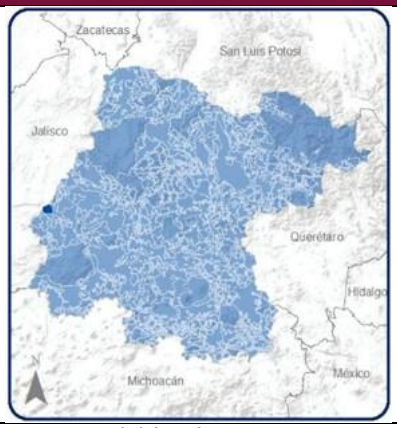
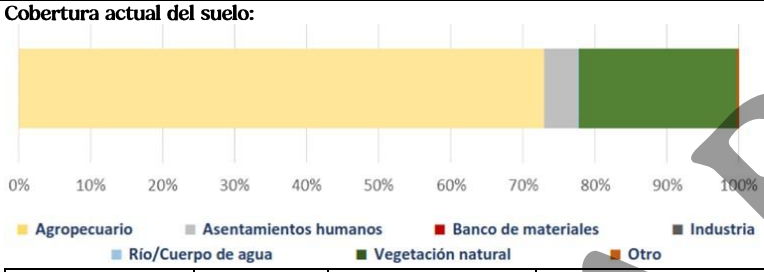
Tabla II.45. Descripción de la UGAT 343. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

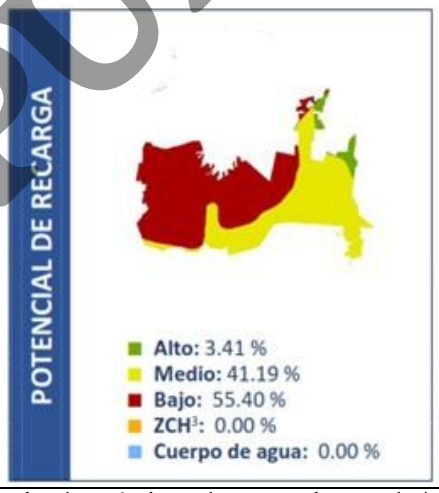
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 343. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
1,401.15 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Consolidación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 171</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación, Falla</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover el desarrollo del sector industrial Guanajuatense bajo un enfoque de “Desarrollo industrial sostenible e inclusivo”, que fomente una economía sana y empleos de calidad minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental negativo y promoviendo los intereses de la sociedad guanajuatense en su conjunto. Fortalecer el sistema de innovación de Guanajuato y su articulación con las demandas productivas y sociales. Impulsar un desarrollo bajo un enfoque de ecología industrial que reduzca los impactos ambientales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Agroindustria, Turismo convencional, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Proyectos de energía eólica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ifp01, Ifp02, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt12, ESo03, EEc12, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

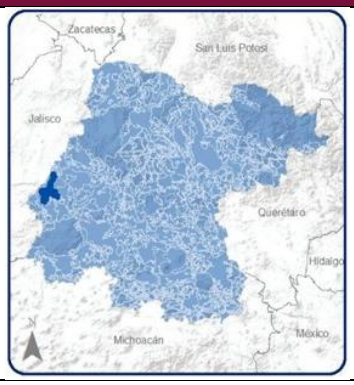
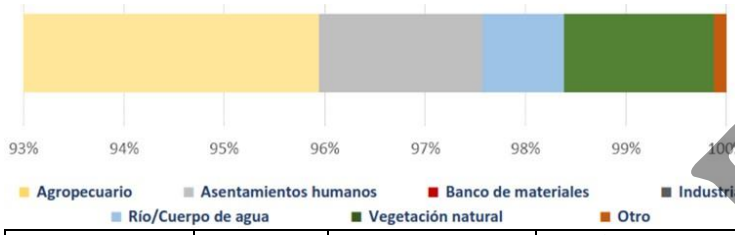
Tabla II.46. **Descripción de la UGAT 350. Aprovechamiento Agropecuario de Agricultura Mixta de Riego-Temporal y Ganadería Extensiva. Elaboración propia.**

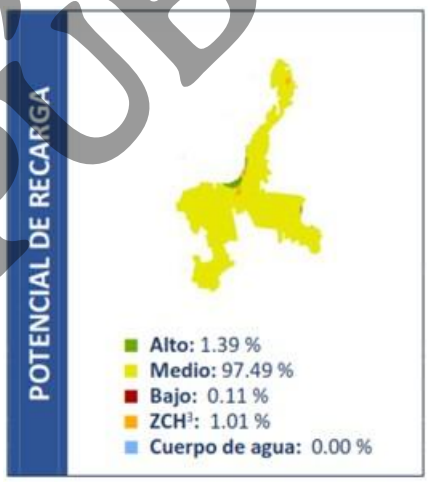
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 350. APROVECHAMIENTO AGROPECUARIO DE AGRICULTURA MIXTA DE RIEGO-TEMPORAL Y GANADERÍA EXTENSIVA</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
645.92 ha</td><td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Mejoramiento</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Baja</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Bajo</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Alta</td><td>Fijación de carbono: Baja</td><td>Riqueza de especies: 171</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td>Erosión: Moderada</td><td></td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación, Falla</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Mejorar el aprovechamiento sustentable de las áreas tradicionales de agricultura de temporal y ganadería extensiva mediante un impulso económico que aumente su productividad y reduzca las pérdidas en los predios con vocación agropecuaria y pendiente menores al 30%. Aplica paquetes tecnológicos que incluyan silvicultura o fruticultura adaptadas al tipo de suelo y a las condiciones climáticas de la UGAT. Conservar las 472 ha de agricultura de riego promoviendo sistemas de riego tecnificado.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agh01, Agh03, Agh04, Agh05, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex09, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Fom14, Fom15, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl10, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl21, Ifl22, Ifl23, Ifa01, Ifa02, Ifa03, Ifa05, Ifa07, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm04, EAm05, EAm09, EAm10, EAm12, EAm13, EAm15, EAm19, EAm20, ESo03, EEc01, EEc07, EEc08, EEc09, EEc10, EEc11, EEc13.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

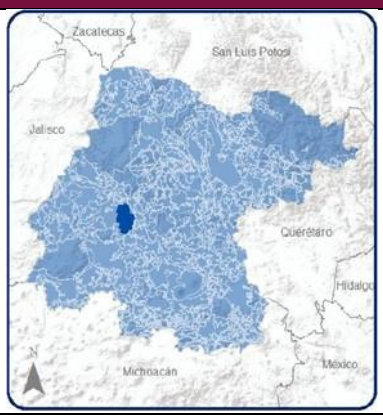
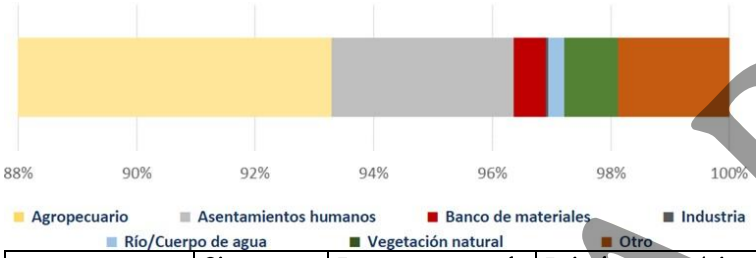
Tabla II.47. Descripción de la UGAT 359. Aprovechamiento Agropecuario para la Preservación Agrícola. Elaboración propia.

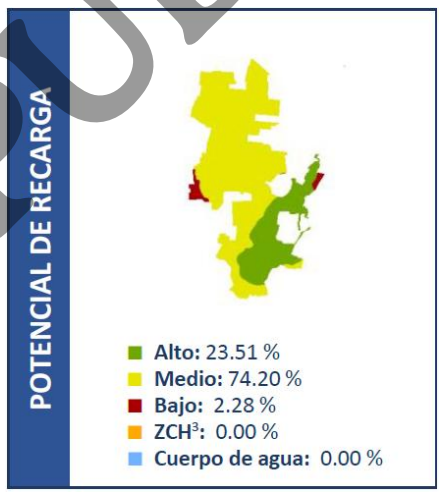
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 359. APROVECHAMIENTO AGROPECUARIO PARA PRESERVACIÓN AGRÍCOLA</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
10,163.5 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Conservación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 156</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Moderada</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Preservar el área agrícola de alta productividad (9749.75 ha) por el importante valor productivo de los terrenos e importancia cultura de la actividad; aprovechando su valor intrínseco por su ubicación particular, fomentando el uso de técnicas sustentables de cultivo, favoreciendo la agricultura orgánica de especies cultivadas características de la zona y promoviendo la aplicación de una agricultura climáticamente inteligente.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura de área, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Minería metálica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agr01, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex08, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm04, EAm05, EAm12, EAm13, EAm15, EAm19, EAm20, ESo03, EEC03, EEc04, EEc06, EEc07, EEc08, EEc11, EEc13.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

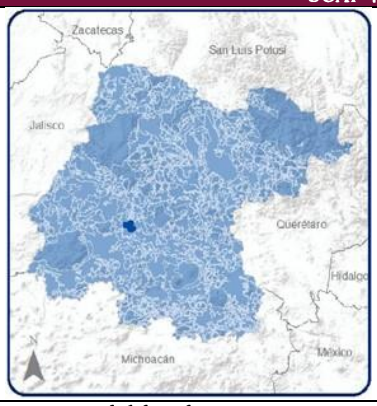
Tabla II.48. Descripción de la UGAT 393. Aprovechamiento Agropecuario para la Preservación Agrícola. Elaboración propia.

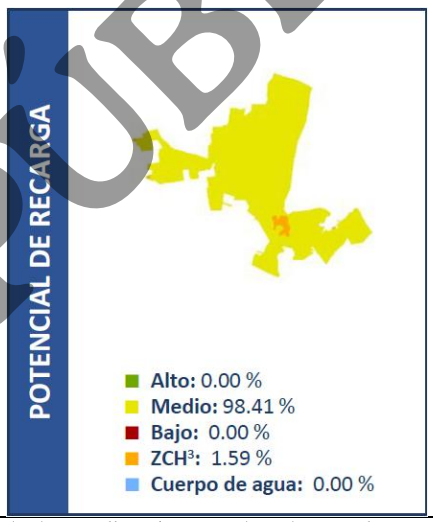
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 393. APROVECHAMIENTO AGROPECUARIO PARA PRESERVACIÓN AGRÍCOLA</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
10,789.36 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Conservación</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 171</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>

</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Preservar el área agrícola de alta productividad (9,839.75 ha) por el importante valor productivo de los terrenos e importancia cultura de la actividad; aprovechando su valor intrínseco por su ubicación particular, fomentando el uso de técnicas sustentables de cultivo, favoreciendo la agricultura orgánica de especies cultivadas características de la zona y promoviendo la aplicación de una agricultura climáticamente inteligente.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Minería no metálica de alta disponibilidad, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Infraestructura de área, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agr01, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex08, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu14, Ahu15, Ahu16, Ahu18, Ahu20, Ahu23, Ahu24, Ahu25, Ahu26, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm04, EAm05, EAm12, EAm13, EAm15, EAm19, EAm20, EFt12, ESo03, EEC03, EEc04, EEc06, EEc07, EEc08, EEc11, EEc13.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.49. Descripción de la UGAT 432. Aprovechamiento Sujeto a PMDUOET. Elaboración propia.

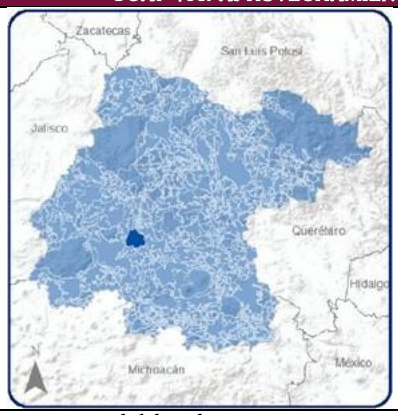
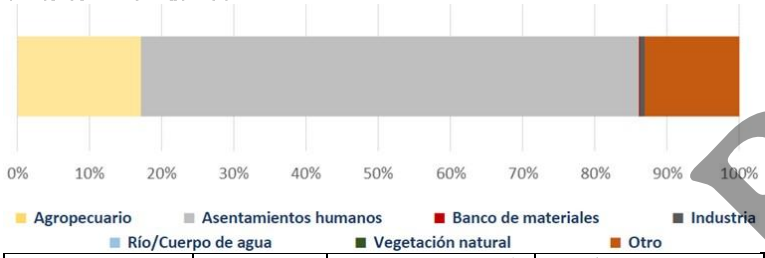
<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 432. APROVECHAMIENTO SUJETO A PMDUOET</th></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Superficie en ha:
1,743.95 ha</td>
<td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td>
<td>Política territorial:
Crecimiento</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">Cobertura actual del suelo:

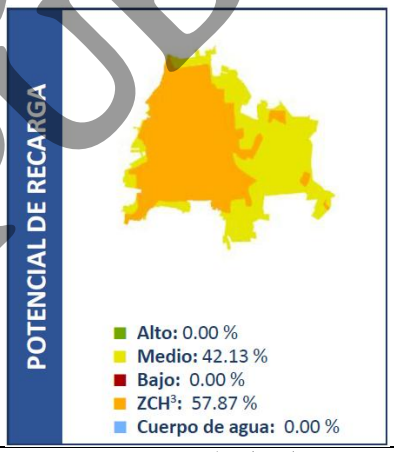



<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Baja</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 229</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Sin erosión</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Promover un crecimiento de la ciudad central bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. La Ciudad Central deberá ser pensada como el motor regional generador de los flujos económicos, sociales e informacionales. Se garantizarán los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de humedad, Forestal maderable, Forestal no maderable, Proyectos de energía eólica, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt03, EFt04, EFt07, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc07, EEc08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc16.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.50. Descripción de la UGAT 463. Aprovechamiento para Asentamientos Urbano e Ciudad Central. Elaboración propia.

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 463. APROVECHAMIENTO PARA ASENTAMIENTO HUMANO URBANO Y CIUDAD CENTRAL</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Superficie en ha:
5,933.78 ha</td><td>Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cobertura actual del suelo:


<table>
<tr><td>APCEB[1]:</td><td>Sin prioridad</td><td>Recarga de acuífero: Alta</td><td>Paisaje estético: Sin paisaje</td></tr>
<tr><td>APMSA[2]:</td><td>Media</td><td>Fijación de carbono: Sin fijación</td><td>Riqueza de especies: 238</td></tr>
<tr><td>Retención de suelo:</td><td>Baja</td><td colspan="2">Erosión: Moderada</td></tr>
<tr><td>Riesgos:</td><td colspan="3">Inundación, Falla</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Mantener un desarrollo policéntrico evitando inversiones masivas para crecer creando vínculos con otras SUR y SUBSUR vecinas para "tomar prestado" el tamaño y la calidad, asegurando efectos indirectos positivos para el desarrollo de regiones más amplias. Mantener la adaptabilidad necesaria para responder a las modificaciones nacionales, a través de estructuras de rápida adaptación en los sectores pensadores, fabricantes y comerciantes. Las instituciones de educación superior deberán ser receptivas a los cambios, adaptables, con un cuerpo de docentes entrenado a modificar los programas de enseñanza conforme a las necesidades que van creándose a nivel global. De la misma forma los espacios industriales deberán permitir rápidas trasformaciones, facilitar la integración de la producción y el acceso a los mercados, para que estos sean a su vez accesibles. La Ciudad Central deberá ser pensada como el motor regional generador de los flujos económicos, sociales e informacionales. Se garantizarán los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades compatibles: Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, <u>Infraestructura lineal</u>, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Minería no metálica de alta disponibilidad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividades incompatibles: Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos rurales, Proyectos de energía eólica, Industria pesada, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería metálica, Sitio de disposición final.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm19, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt03, EFt04, EFt05, EFt06, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EUr19, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, EEc20.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA



Del análisis de las UGAT se desprende que las 25 **unidades** identificadas a lo largo del trazo (197, 223, 234, 241, 246, 255, 262, 268, 273, 277, 282, 286, 301, 304, 309, 313, 317, 338, 340, 343, 350, 359, 393, 432 y 463) contemplan de manera unánime la **"infraestructura"** como una actividad compatible. En consecuencia, el desarrollo del Proyecto resulta plenamente viable y compatible con los lineamientos de todas las UGAT en las que incide.

Los criterios de regulación constituyen disposiciones generales o específicas que norman los diversos usos de suelo para garantizar el ordenamiento sustentable del territorio. Dado la naturaleza del Proyecto (el cual corresponde a infraestructura ferroviaria), resultan particularmente aplicables los criterios asociados a la infraestructura (If).

Debido a que múltiples UGAT comparten directrices comunes en esta materia, y con el propósito de evitar redundancias y optimizar el análisis técnico, la vinculación del Proyecto con el PEDUOET se ha estructurado mediante una tabla de cumplimiento que agrupa y detalla los criterios de infraestructura lineal aplicables.

Tabla II.51. Vinculación con los Criterios para Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET). Elaboración propia.

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
If102	Se deberán evitar impactos sobre el flujo de fauna cuando la infraestructura lineal interrumpa los corredores biológicos, construyendo pasos de fauna sobre elevando el trazo vial en una longitud mínima de 100 m por paso o para el caso de sistemas montañosos mediante la incorporación de túneles al diseño del Proyecto. La longitud total de los pasos de fauna deberá ser conforme a la longitud de la sección del trazo del Proyecto que se encuentre en zonas adyacentes a macizos forestales en una relación no menor al 7.5%. La empresa responsable de la construcción deberá presentar un estudio avalado por la autoridad competente.	Con el propósito de prevenir y mitigar los impactos sobre el flujo de la fauna silvestre y salvaguardar la funcionalidad de los corredores biológicos, el Proyecto contempla la ejecución la modelación de los corredores biológicos dentro de la Región Ecológica (RE), e identificar las obras que serán susceptibles para su adecuación como pasos de fauna. A través de esta medida se integrarán infraestructuras específicas orientadas a garantizar el libre tránsito de las especies conforme a las especificaciones técnicas requeridas. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl03	La construcción de infraestructura deberá compensar la reducción de la cobertura vegetal y la degradación del suelo, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje de acuerdo con lo establecido en la autorización correspondiente.	La compensación por la reducción de la cobertura vegetal, la degradación del suelo, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, así como la fragmentación del paisaje, se atenderá de manera integral conforme se determine en la autorización correspondiente. Para ello, el Proyecto contempla la implementación de las siguientes medidas y acciones específicas. A través del rescate y acamellonamiento y resguardo temporal del suelo que será utilizado para la estabilización geotécnica y biológica de los taludes en las zonas de corte. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se realizará la construcción de obras de drenaje transversales (ODTs) y de cunetas como obras de drenaje longitudinales con la finalidad de no interrumpir los flujos hidrológicos de aquellas corrientes de agua intermitentes que serán atravesadas por el proyecto. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl05	La construcción de caminos deberá prever al menos el 50% de materiales que permitan la infiltración de agua pluvial al subsuelo, los cuales deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados a la dinámica hidráulica natural.	El Proyecto no contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales, ya que las actividades se realizarán predominantemente dentro del DDV existente y se emplearán vías de comunicación ya establecidas (carreteras, caminos y terracerías). No obstante, la infraestructura de la vía férrea está conformada por balasto, un material granular permeable que favorece de manera natural la infiltración del agua pluvial al subsuelo. Además, con la finalidad de no afectar la dinámica hidrológica, se realizará la construcción de obras de drenaje transversales (ODTs) y de cunetas como obras de drenaje longitudinales con la finalidad de no interrumpir los flujos hidrológicos de aquellas corrientes de agua intermitentes que serán atravesadas por el proyecto. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl06	Los Proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGAT deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, de recarga y para la preservación del patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.	El trazo definitivo evita, en la medida de lo posible, las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad. No obstante, en el tramo donde incide sobre el ANP Formación Natural Barranca de los Ríos Santiago y Verde, la afectación, se aplicarán acciones de restauración ambiental, los lineamientos y protocolos específicos de restauración establecidos para dicha zona y su programa de aprovechamiento dictado por la SEMADET, en

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		congruencia con las demás medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental del Proyecto. COMPENSACIÓN - **C01** *Acciones de Compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde.*
Ifl07	La construcción de infraestructura de ser posible, se realizará sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zona agrícola y forestal.	El Proyecto prioriza el aprovechamiento del DDV existente, por lo que, no se contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales. Con ello se busca minimizar la fragmentación de los ecosistemas y evitar en la mayor medida posible el CUSTF en zonas agrícolas y forestales. Adicionalmente, para mitigar la fragmentación y compensar las afectaciones sobre el entorno, se ejecutarán medidas de prevención, mitigación y compensación conforme a lo siguiente: Con el propósito de prevenir y mitigar los impactos sobre el flujo de la fauna silvestre y salvaguardar la funcionalidad de los corredores biológicos, el Proyecto contempla la ejecución la modelación de los corredores biológicos dentro de la Región Ecológica (RE), e identificar las obras que serán susceptibles para su adecuación como pasos de fauna. A través de esta medida se integrarán infraestructuras específicas orientadas a garantizar el libre tránsito de las especies conforme a las especificaciones técnicas requeridas. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		- **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl08	En el caso de que la construcción de infraestructura interrumpa los flujos hidrológicos la empresa responsable de la construcción deberá presentar un Proyecto hidráulico avalado por la autoridad competente, que garantice la continuidad del caudal ecológico del flujo interrumpido.	En los sitios donde el trazo del Proyecto cruza con cuerpos o corrientes de agua que pudieran interrumpir los flujos hidrológicos, con la finalidad de no afectar la dinámica hidrológica, se realizará la construcción de obras de drenaje transversales (ODTs) y de cunetas como obras de drenaje longitudinales con la finalidad de no interrumpir los flujos hidrológicos de aquellas corrientes de agua intermitentes que serán atravesadas por el proyecto. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl09	Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura siempre y cuando no tengan efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales.	Con la finalidad de prevenir y mitigar cualquier efecto negativo que pudiera modificar la estructura o alterar las funciones de los ecosistemas y recursos naturales a lo largo del trazo, el Proyecto contempla la implementación de un conjunto integral de medidas y acciones ambientales. Con el propósito de prevenir y mitigar los impactos sobre el flujo de la fauna silvestre y salvaguardar la funcionalidad de los corredores biológicos, el Proyecto contempla la ejecución la modelación de los corredores biológicos dentro de la Región Ecológica (RE), e identificar las obras que serán susceptibles para su adecuación como pasos de fauna. A través de esta medida se integrarán infraestructuras específicas orientadas a garantizar el libre tránsito de las especies conforme a las especificaciones técnicas requeridas. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se

CONSULTA PUBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl10	Los Proyectos de infraestructura que se promuevan deberán considerar la incorporación de vegetación arbórea en las zonas de derecho de vía, camellones y banquetas. Las especies deberán ser nativas y acordes a los diferentes tipos de vialidades, para evitar cualquier tipo de riesgo, desde pérdida de visibilidad, hasta deterioro en las construcciones y banquetas, incluyendo la caída de ramas o derribo de árboles, con raíces superficiales, por efecto del viento.	El criterio está orientado a vialidades urbanas con camellones y banquetas; sin embargo, para el DDV ferroviario se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl11	Para la instalación de cualquier Proyecto de infraestructura, dentro de las consideraciones para la mitigación del impacto ambiental del resolutivo, el promovente recuperará en los predios de compensación en un periodo no mayor a cinco años un equivalente del total de biomasa forestal que será removido por el Proyecto. Las especies utilizadas deberán ser nativas. La autoridad competente presentará al promovente opciones para la ubicación de las acciones de compensación.	La compensación por la remoción de biomasa forestal derivada de la ejecución del Proyecto se implementarán acciones de restauración activa en sitios que requieran asistencia en campo, priorizando el uso de especies nativas compatibles con las condiciones ecológicas del sitio de compensación. Las acciones de reforestación se ejecutarán y darán seguimiento durante un periodo no menor a **cinco años** con el objeto de asegurar el establecimiento y desarrollo de la vegetación, favoreciendo la recuperación de la cobertura vegetal y de la biomasa removida. En caso de que la autoridad competente determine un predio específico para la ejecución de estas acciones, el promovente llevará a cabo dichas actividades en el sitio que ésta designe, en estricto cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización correspondiente. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Ifl12	Para la vegetación de las áreas verdes o libres de Proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGAT se deberá priorizar el uso de especies nativas y se restringirá el uso de especies exóticas invasoras.	Las acciones de restauración a través de reforestaciones, así como la colocación de las cortinas vegetales dentro de los derechos de vía, sólo se utilizarán especies nativas de los ecosistemas que se requieren restaurar, así como especies para las áreas verdes urbanas permitidas por la normatividad urbana vigente. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl13	Los Proyectos de infraestructura que requieran agua para su desarrollo u operación deberán contar con un Proyecto integral hídrico que evalúe la factibilidad del suministro de agua potable sin que implique una sobre explotación de los acuíferos.	El Proyecto requerirá agua para riego de humectación para controlar las emisiones de partículas suspendidas a la atmósfera, tanto dentro de los frentes de trabajo como de los caminos aledaños ya existentes. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre los acuíferos. El agua potable para uso será suministrada mediante proveedores externos autorizados. Además, se instalarán sanitarios portátiles 1 por cada 15 trabajadores, y las aguas sanitarias serán dispuestas por una empresa autorizada para la disposición de dichos residuos. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
Ifl14	Se deberá realizar un estudio para la factibilidad de cada Proyecto de infraestructura, que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y riesgos que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.	El Proyecto se sustenta en estudios especializados de factibilidad que integran análisis geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, estructurales y de materiales (Anexo VI). Con base en los resultados y el modelado de estos factores, se determinó la infraestructura y las acciones necesarias para la prevención y mitigación de riesgos en el área de influencia (AI). En la etapa de ejecución, este enfoque preventivo se materializa a través de la implementación de medidas específicas dictadas por dichos estudios, tales como la *estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte* para atender la vulnerabilidad geológica y prevenir deslizamientos, y la *construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal* para garantizar el manejo adecuado de los escurrimientos y mitigar riesgos hidrológicos por inundación o socavación. Asimismo, estas acciones se refuerzan con las acciones de protección y conservación de suelo, asegurando la estabilidad estructural del entorno y cumpliendo integralmente con el enfoque preventivo y de seguridad del criterio. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		COMPENSACIÓN - **C04** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos.*
Ifl15	En el desarrollo de nuevos Proyectos de infraestructura se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación por instituciones académicas y de investigación, así como por un comité colegiado ciudadano.	Como parte de las actividades de prevención, mitigación, compensación y restauración se implementarán las acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. MITIGACIÓN - **M06.** ***Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.***
Ifl16	Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos Proyectos de infraestructura deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.	Durante el procedimiento de evaluación del impacto ambiental, la MIA-R será presentada ante la autoridad competente, sujetándose a los mecanismos de acceso a la información y participación pública previstos en la legislación ambiental aplicable, incluyendo aquellos procedimientos de difusión y consulta que, en su caso, determine la autoridad. De manera complementaria, previo y durante la ejecución de las obras, el promovente mantendrá comunicación con los propietarios, poseedores y demás personas directamente involucradas en predios aledaños donde se desarrollará el Proyecto, informando oportunamente sobre las actividades constructivas, las medidas ambientales que serán implementadas y las acciones necesarias para garantizar la seguridad durante la ejecución de los trabajos. Con ello, se da cumplimiento al criterio orientado a difundir las medidas, obras y acciones asociadas al desarrollo del Proyecto entre las localidades involucradas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Ifl17	La infraestructura de disposición lineal que se desarrolle en zonas de recarga de alto potencial evitará la generación de superficies impermeables que impidan la absorción del agua superficial hacia el subsuelo.	En los cruces del trazo con arroyos o canales ubicados en zonas de alta capacidad de recarga, se evitará su revestimiento con materiales tradicionales, privilegiando materiales porosos. La conformación de la vía mediante balasto favorece la infiltración pluvial y no genera una superficie impermeable continua, complementándose con la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal; para mantener la dinámica hidrológica natural y asegurar la absorción del agua superficial hacia el subsuelo. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl18	En zonas de alta capacidad de recarga se evitará el revestimiento de arroyos y canales con materiales tradicionales para permitir el paso hacia horizontes inferiores, de ser necesario habrá que remitirse a la aplicación del criterio de uso de materiales porosos.	En los cruces del trazo con arroyos o canales ubicados en zonas de alta capacidad de recarga, se evitará su revestimiento con materiales tradicionales, privilegiando materiales porosos. La conformación de la vía mediante balasto favorece la infiltración pluvial y no genera una superficie impermeable continua, complementándose con la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal; para mantener la dinámica hidrológica natural y asegurar la absorción del agua superficial hacia el subsuelo. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl19	Se permitirá únicamente la instalación de infraestructuras lineales hidráulicas.	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra ferroviaria y no a una infraestructura hidráulica lineal, desarrollándose de manera

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		predominante sobre la infraestructura preexistente y DDV existente. No obstante, se manifiesta que se realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria rodante y para la infraestructura, así como la construcción, desazolve y mantenimiento de las obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales propuestas para este proyecto, evitando la apertura de nuevas superficies sobre zonas naturales no intervenidas y optimizando el uso del territorio sin alterar el entorno con infraestructura ajena a su vocación ferroviaria. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
Ifl20	Los derechos de vía generados para infraestructura lineal deberán respetarse para su uso adecuado, cuyas dimensiones y características serán definidas por autoridad competente.	El desarrollo del Proyecto ferroviario se llevará a cabo estrictamente dentro del DDV autorizado y de la huella constructiva aprobada por la autoridad competente. Para garantizar el uso adecuado y el respeto a sus dimensiones y características, se realizará la delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella de afectación manifestada dentro del estudio, así como la estabilización geotécnica y biológica de taludes dentro de la zona de corte, así como el rescate, acamellonamiento y resguardo temporal del suelo vegetal en las zonas colindantes. De este modo, se evita la ocupación innecesaria de terrenos adyacentes y se asegura que las actividades de preparación, construcción y mantenimiento se limiten estrictamente al espacio autorizado. se implementa la **Medida P01** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada*, complementada por la **Medida P02** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte* y la **Medida M02** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal*, en las zonas colindantes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.*
Ifl21	En caso de promoverse el aprovechamiento distinto al uso agrícola de los terrenos contiguos al derecho de vía, esté deberá cumplir con la normatividad vigente aplicable y deberá preverse en el PMDUOET que le corresponda.	El Proyecto se limita a la preparación, construcción y operación y mantenimiento de una obra de infraestructura ferroviaria dentro del DDV destinado para tal fin, por lo que no contempla promover ni desarrollar aprovechamientos distintos al uso existente en los terrenos contiguos. Para garantizar el estricto apego a los límites autorizados y prevenir ocupaciones o modificaciones ajenas a la vocación del sitio, el proyecto sólo se implementará dentro de la huella de afectación manifestada dentro de este estudio. En consecuencia, no se prevé la modificación del uso de suelo de los predios colindantes como parte de las actividades del Proyecto. No obstante, en caso de que con motivo del desarrollo de futuros aprovechamientos en los terrenos contiguos al DDV, que requieran cambios de uso o

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		autorizaciones específicas, éstos deberán sujetarse a la normatividad vigente aplicable y a las disposiciones establecidas en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial correspondiente, siendo responsabilidad de los promoventes de dichos aprovechamientos obtener las autorizaciones que procedan. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl22	La instalación de infraestructura lineal deberá evitar impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola.	Durante la planeación y diseño del Proyecto se definió el trazo de la vía férrea considerando criterios técnicos, ambientales y territoriales, con el propósito de reducir al mínimo la ocupación y fragmentación de superficies con uso agrícola, priorizando, en la medida de lo técnicamente viable, el aprovechamiento de corredores de infraestructura existentes y evitando la ocupación innecesaria de superficies destinadas a actividades agrícolas. Las actividades de preparación del sitio y construcción se desarrollarán exclusivamente dentro del DDV y de las áreas autorizadas para la ejecución del Proyecto, evitando la intervención innecesaria de terrenos agrícolas adyacentes. Asegurando prevenir y limitar los impactos por medio de la delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva y el rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal, para preservar las características físico-químicas de los terrenos colindantes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.*

Del análisis integral de vinculación realizado entre el Proyecto y los instrumentos rectores de planeación territorial y política ambiental (particularmente el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET), se concluye que la obra **guarda plena congruencia** con las directrices de planeación regional.

En el aspecto espacial y normativo, el Proyecto se desarrolla dentro de las Unidades Ambientales Biofísicas a nivel federal y las Unidades de Gestión Ambiental Territorial (UGAT) a nivel estatal, en las cuales la infraestructura lineal está clasificada como una actividad plenamente compatible, garantizando que **el trazo no contraviene los objetivos de conservación vigentes.**

Las acciones proyectadas incorporan medidas rigurosas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental que se respaldan mediante protocolos operativos específicos (tales como el manejo integral de residuos, el control de sustancias, las obras de drenaje y las acciones de compensación), cuyas claves de control quedan vinculadas directamente con el Capítulo IV de esta manifestación. El desarrollo de este sistema de infraestructura ferroviaria de pasajeros entre Guanajuato y Jalisco no solo cumple a cabalidad con el marco jurídico e institucional aplicable, sino que contribuye de manera indirecta a fortalecer la conectividad regional, a mitigar las externalidades del transporte convencional y a impulsar el desarrollo socioeconómico sustentable de la zona de influencia.

CONSULTA PÚBLICA



El PEDUOET integró estrategias con la finalidad de alcanzar los lineamientos ecológicos urbanos y territoriales. Dichas estrategias se encuentran vinculadas a los objetivos estratégicos planteados en el PED 2040. En la siguiente tabla se vinculan las estrategias de las UGAT aplicables para este Proyecto.

Tabla II.52. Vinculación con las estrategias para PEDUOET. Elaboración propia.

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
EAm03	Restauración ecológica	Para dar cumplimiento a la restauración ecológica en las superficies afectadas por el trazo de la obra ferroviaria, integrando medidas de compensación ambiental a través de la implementación de reforestaciones que requieran asistencia activa para la restauración de los sitios degradados, esto empleando especies nativas de la región. Otras medidas serán la implementación del rescate, acamellonamiento y resguardo del suelo vegetal y la estabilización geotécnica y biológica de los taludes de las zonas de corte, todo esto dentro de la huella de afectación manifestada, en caso de que el proyecto sea autorizado. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
EAm04	Mantenimiento de los bienes y servicios ambientales	La pérdida temporal de bienes y servicios ambientales derivada del CUSTF, requerida para las etapas de preparación y construcción del Proyecto, en estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EAm05	Conservación y restauración de suelos	Para garantizar la conservación y restauración de los suelos, las actividades del Proyecto se desarrollarán estrictamente dentro del DDV autorizado, evitando perturbaciones adicionales en terrenos adyacentes. Se realizará el retiro de material excedente y reconformación topográfica y el rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal para el manejo adecuado de las capas fértiles. Adicionalmente, el uso de balastro permeable y la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales, así como la protección del y conservación de los suelos orgánicos, contribuirán de forma directa a preservar la estabilidad, prevenir procesos erosivos y mantener la capacidad de infiltración del suelo.

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		CUMPLIMIENTO: MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal* COMPENSACIÓN - **C04** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos.*
EAm07	Conectividad de ecosistemas	El Proyecto contempla medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, orientadas a garantizar la conectividad de los ecosistemas, destacando la implementación, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EAm08	Protección y recuperación de especies prioritarias	Para garantizar la protección y recuperación de especies prioritarias, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE).

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.*
EAm12	Investigación ecológica y educación ambiental	Para fomentar la investigación ecológica y la educación ambiental, el Proyecto generará información de campo fundamental para acrecentar el conocimiento científico de la biodiversidad local y regional. Esta estrategia se materializará mediante a través de la capacitación del personal en diferentes aspectos de importancia para el proyecto, como la seguridad laboral, la importancia de los ecosistemas, las categorías de riesgo de las especies, las sanciones penales por el tráfico ilegal de especies, entre otras, asegurando la difusión de buenas prácticas y la sensibilización sobre la importancia de los recursos naturales durante todas las etapas de la obra. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P08.** *Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal.*
EAm13	Conservación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos	En el marco de este proyecto se prevé la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales con la finalidad de garantizar la continuidad de los escurrimientos naturales y prevenir alteraciones en el régimen hidrológico. También se realizará la humectación del suelo con la finalidad de controlar la emisión de partículas suspendidas en los frentes de trabajo, así como la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores, mediante proveedores externos autorizados utilizando preferentemente agua tratada. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.*
EAm14	Restauración y rescate de ecosistemas ribereños y acuáticos	Para la restauración y rescate de ecosistemas ribereños y acuáticos (en caso de localizarse), en el marco de este proyecto se prevé la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales con la finalidad de garantizar la continuidad de los escurrimientos naturales y prevenir alteraciones en el régimen hidrológico. También se realizará la humectación del suelo con la finalidad de controlar la emisión de partículas suspendidas en los frentes de trabajo, así como la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		trabajadores, mediante proveedores externos autorizados utilizando preferentemente agua tratada. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Para la salvaguarda de la flora y fauna asociadas a estos entornos, se aplicarán la **Medida M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*) y la **Medida M06** (*Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*), complementadas con el seguimiento puntual mediante la **Medida P11** (*Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*) para asegurar la integridad de los cuerpos hídricos durante el desarrollo de la obra. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M06.** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.*
EAm15	Gestión integral del agua	El Proyecto contempla un uso racional del recurso durante todas sus etapas y actividades. El abastecimiento de agua requerido para las actividades de humectación y los servicios básicos del personal se realizará exclusivamente a través de proveedores externos autorizados y utilizando preferentemente agua tratada, para la humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo, así como para el uso de los sanitarios portátiles, previstos 1 para cada 15 trabajadores. Para asegurar la conducción natural del flujo hídrico y evitar alteraciones en el régimen hidrológico a través del trazo, se construirán y se dará mantenimiento a obras de drenaje transversal y longitudinal para garantizar la dinámica hidrológica de la región. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.*
EAm16	Control de emisiones	El Proyecto destaca como una alternativa de menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el transporte carretero equivalente. Durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, se implementarán medidas específicas para mitigar la generación de polvo, ruido y gases de combustión provenientes de vehículos y maquinaria, mediante la aplicación de la humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo, el uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales, el control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra), así como la restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles) **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M05** *Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.* PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P09.** *Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.*
EAm17	Manejo integral de residuos sólidos	Los materiales generados durante las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento serán clasificados, separados y almacenados temporalmente de manera adecuada antes de ser entregados a empresas autorizadas para su recolección, transporte y disposición final, conforme a la normatividad ambiental aplicable. Estas acciones se ejecutarán mediante la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos, así como con la correcta gestión de los residuos. Además, se realizará el retiro del material excedente y la reconformación topográfica de la zona, así como la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores, y las aguas sanitarias serán dispuestas por empresas autorizadas para este fin. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.*
EAm19	Mitigación y adaptación al cambio climático	El fortalecimiento de la infraestructura y operación del Proyecto promueve una alternativa de movilidad y transporte altamente eficiente que genera menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros sistemas de transporte terrestre convencionales. Estas acciones contribuyen directamente a las estrategias nacionales de mitigación climática, complementándose con el mantenimiento preventivo del material rodante y la infraestructura mediante mantenimiento preventivo del material rodante ferroviario, así como y el control

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		de emisiones en los frentes de trabajo a través del mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra, además del monitoreo de la calidad del aire de manera constante y en puntos estratégicos de acuerdo con la legislación vigente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P10.** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.* **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M11.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.*
EAm20	Gestión integral de riesgos naturales	Para la gestión integral de riesgos naturales, el Proyecto se atenderá mediante los estudios geotécnicos, hidráulicos e hidrológicos contemplados en el Proyecto (Anexo VI), los cuales permitirán identificar y mitigar riesgos naturales a lo largo del trazo. Estas acciones se complementarán con la estabilización geotécnica y biológica de los taludes de las zonas de corte, así como la construcción, desazolve y mantenimiento de las obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales que permitirán la continuidad de la dinámica hidrológica dentro de la RE. Además, se realizarán acciones de protección y conservación de suelo. Con ello, se prevé salvaguardar la estabilidad estructural ante eventos hidrometeorológicos y geológicos. aplicación de la **Medida P02** (*Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*), la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*) para asegurar la correcta conducción de escurrimientos, y la **Medida C05** (*Acciones de Protección* y *Conservación de Suelos*) para salvaguardar la estabilidad estructural ante eventos hidrometeorológicos y geológicos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M05** *Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* COMPENSACIÓN - **C04** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos.*
EFt01	Comunidades sustentables e incluyentes	El Proyecto mejorará sustancialmente la conectividad regional mediante su infraestructura ferroviaria, favoreciendo la movilidad eficiente de la población entre los estados de Jalisco y Guanajuato. Si bien la obra promueve una alternativa de transporte de pasajeros interurbano que contribuye al bienestar regional (aclarando que no constituye un proyecto de desarrollo urbano en sí mismo), su integración armónica con el entorno se consolidará mediante la implementación de medidas de integración paisajística, la restitución de elementos urbanos o rurales y la participación social ciudadana con las comunidades locales y usuarias. Estas acciones se articularán a través de la **colocación de una cortina vegetal dentro del DDV** para la mejora visual y ambiental, y se complementarán con esquemas de vinculación comunitaria y el Programa de Comunicación Social, asegurando una interacción transparente, el respeto al tejido social y una adecuada convivencia con las poblaciones locales a lo largo del corredor. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EFt02	Desarrollo del Sistema Estatal Territorial	El Proyecto, al conformar infraestructura ferroviaria interestatal, contribuye a la consolidación del Sistema Estatal Territorial al fortalecer la conectividad entre centros de población de Jalisco y Guanajuato. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
EFt03	Densificación urbana	No aplica. El Proyecto no contempla acciones de densificación urbana; es infraestructura de transporte interurbano y no interviene en la planeación de usos y densidades urbanas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt04	Desarrollo ordenado de los usos en el ámbito urbano	El Proyecto consiste en la construcción de una vía férrea cuyo trazo fue definido considerando los instrumentos de planeación territorial y urbana aplicables, procurando su integración armónica con la infraestructura existente y con los usos de suelo previstos para la zona. Su desarrollo se limitará estrictamente al DDV y a las áreas autorizadas para la ejecución de las obras, evitando inducir cambios desordenados en el patrón de ocupación del territorio o en los usos del suelo circundantes. Como infraestructura estratégica que fortalece la conectividad regional y la movilidad ferroviaria, el Proyecto resulta congruente con los objetivos del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial y con las políticas de ordenamiento de los municipios involucrados. Durante su ejecución, se aplicarán de forma articulada las medidas ambientales para prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos, apoyándose en la delimitación estricta de las áreas de trabajo y en acciones de integración paisajística y restitución urbana, entre ellas la colocación de una cortina vegetal dentro del DDV, garantizando así que la infraestructura ferroviaria se desarrolle de manera ordenada, segura y compatible con su entorno. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EFt05	Regeneración urbana	El Proyecto contribuye al fortalecimiento de la infraestructura como un elemento estratégico para la movilidad y la conectividad regional, favoreciendo un desarrollo territorial más eficiente y ordenado. Si bien su objetivo principal no consiste en la regeneración directa de áreas urbanas, la modernización de la red ferroviaria promueve mejores condiciones para la integración funcional del territorio, incrementando la accesibilidad y favoreciendo el aprovechamiento planificado de las zonas urbanas y periurbanas vinculadas al trazo. Durante su ejecución, se implementarán de forma articulada las medidas y acciones ambientales previstas para prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos, vinculando la a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		Se usará balastro permeable y la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales, así como la protección del y conservación de los suelos orgánicos, contribuirán de forma directa a preservar la estabilidad, prevenir procesos erosivos y mantener la capacidad de infiltración del suelo. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. Estas acciones contribuyen de manera directa a la recuperación de las condiciones ambientales del entorno urbano y periurbano, garantizando la protección de los recursos naturales y favoreciendo una adecuada integración paisajística de la infraestructura con las comunidades y centros de población. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M06.** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* - **M11.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EFt06	Conservación del patrimonio histórico y cultural	No se prevén afectaciones a alguna zona arqueológica, sin embargo, en caso de que el trazo incida sobre elementos de valor histórico, arqueológico o cultural o se lleguen a encontrar vestigios arqueológicos, el Promovente obtendrá el Permiso para la realización de obras y la liberación del sitio ante el INAH. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt07	Reservas territoriales estatales	El Proyecto fue planeado considerando los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo urbano aplicables, procurando su compatibilidad con la estructura territorial existente y con las áreas destinadas para el desarrollo de infraestructura estratégica. Su ejecución se limita al DDV y a las superficies autorizadas para la construcción de la vía férrea, evitando la ocupación innecesaria de terrenos y la afectación de áreas destinadas como reservas territoriales estatales. El Proyecto fortalece la infraestructura de transporte como un elemento estratégico para el desarrollo regional, contribuyendo a la consolidación de la red de infraestructura prevista en los instrumentos de planeación territorial. Durante todas las etapas del Proyecto se implementarán las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación establecidas en las acciones ambientales, con la finalidad de asegurar una adecuada integración de la infraestructura con el territorio y favorecer un desarrollo ordenado y compatible con la planeación estatal. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt08	Infraestructura pública y del equipamiento urbano	El Proyecto se consolida como una obra de infraestructura estratégica que promueve una alternativa de movilidad ferroviaria altamente eficiente, segura y sustentable. Su desarrollo optimizará la conectividad regional, brindando un servicio de transporte masivo que complementa y mejora la red de movilidad existente, reduciendo la saturación y la dependencia del transporte carretero convencional. Para garantizar la viabilidad técnica, operativa y ambiental de este sistema a largo plazo, se implementarán medidas clave, el mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria, la cual

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		es fundamental para asegurar la continuidad, eficiencia y seguridad del servicio en su etapa operativa. Para corroborar y mantener las ventajas ambientales de este medio de transporte colectivo frente a otras alternativas terrestres, se realizará el monitoreo de la calidad del Aire para tener un control de las emisiones que realiza la maquinaria y detectar niveles por encima de los permitidos por la NOM, además de estar auxiliada por el control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra. La integración armónica de esta infraestructura de transporte masivo con los entornos urbanos (especialmente en los nodos de mayor concentración poblacional) se fortalecerá con acciones de compensación y restauración ambiental dentro de sitios degradados. Con estas acciones, el Proyecto asegura que la modernización y fortalecimiento del transporte colectivo no solo mejore la movilidad territorial, sino, que también respete y enriquezca el paisaje y la dinámica urbana de las comunidades usuarias. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P10.** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.* MITIGACIÓN - **M11.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EFt11	Fortalecimiento del sistema de transporte colectivo	El Proyecto permitirá reactivar y fortalecer el transporte ferroviario de pasajeros y carga, promoviendo alternativas de movilidad regional. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt12	Consolidación de la infraestructura de los corredores económicos	El Proyecto, al desarrollar infraestructura ferroviaria de pasajeros entre Jalisco y Guanajuato, consolida un corredor económico interestatal, favoreciendo la conectividad y el desarrollo regional. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt17	Resiliencia urbana	Para fomentar la regeneración urbana, el Proyecto contribuye al fortalecimiento de la infraestructura como un elemento estratégico para la movilidad y la conectividad regional, favoreciendo un desarrollo territorial más eficiente y ordenado. Si bien su objetivo principal no consiste en la regeneración directa de áreas urbanas, la modernización de la red ferroviaria promueve mejores condiciones para la integración funcional del territorio, incrementando la accesibilidad y favoreciendo el aprovechamiento planificado de las zonas urbanas y periurbanas vinculadas al trazo. Para dar cumplimiento a la restauración ecológica en las superficies afectadas por el trazo de la obra ferroviaria, integrando medidas de compensación ambiental a través de la implementación de reforestaciones que requieran asistencia activa para la restauración de los sitios degradados, esto empleando especies nativas de la región. Otras medidas serán la implementación del rescate, acamellonamiento y resguardo del suelo vegetal y la estabilización geotécnica y biológica de los taludes de las zonas de corte, todo esto dentro de la huella de afectación manifestada, en caso de que el proyecto sea autorizado. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE.

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* - **M11.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* Estas acciones contribuyen de manera directa a la recuperación de las condiciones ambientales del entorno urbano y periurbano, garantizando la protección de los recursos naturales y favoreciendo una adecuada integración paisajística de la infraestructura con las comunidades y centros de población.
EPt18	Calidad ambiental urbana	El Proyecto puede contribuir a mejorar la calidad ambiental urbana al ofrecer una alternativa que reduce la dependencia del transporte carretero individual (menor congestión y emisiones) en los centros de población conectados por el Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ESo01	Inclusión social	El Proyecto favorecerá la conectividad y accesibilidad regional de la población mediante el fortalecimiento del sistema ferroviario existente. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Eso02	Atención a grupos vulnerables	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento del Proyecto se implementarán medidas de seguridad, señalización y control de accesos con la finalidad de proteger a la población ubicada en el área de influencia, prestando especial atención a los grupos vulnerables que pudieran verse expuestos a las actividades constructivas o a la operación de la infraestructura ferroviaria. El promovente mantendrá comunicación con las autoridades locales y con los habitantes directamente involucrados cuando la ejecución de las obras así lo requiera, informando oportunamente sobre las actividades programadas, restricciones temporales de acceso y medidas de seguridad aplicables. Estas acciones contribuirán a reducir riesgos para la población y a favorecer un desarrollo del Proyecto con responsabilidad social y en apego a la estrategia de atención a grupos vulnerables. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ESo03	Desarrollo de centros de población marginados	El fortalecimiento de la conectividad ferroviaria puede favorecer el acceso de la población a servicios, empleo y oportunidades económicas regionales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Eso07	Accesibilidad universal	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción operación y mantenimiento del Proyecto se implementarán medidas de señalización preventiva, control de accesos y manejo del tránsito peatonal y vehicular, con el propósito de mantener condiciones seguras de movilidad para la población en las zonas donde se desarrollen las obras. En los casos en que las actividades constructivas interfieran temporalmente con vialidades o accesos existentes, se establecerán las medidas necesarias para conservar su funcionalidad y reducir las molestias a la población, prestando especial atención a las personas con discapacidad, personas adultas mayores, niñas, niños y demás grupos que pudieran presentar condiciones de vulnerabilidad. El Proyecto contempla la construcción o adecuación de obras complementarias de uso público, éstas se desarrollarán conforme a la normatividad técnica aplicable en materia de accesibilidad universal, dentro del alcance y características del Proyecto. Con ello, se contribuye al cumplimiento de la estrategia de accesibilidad universal, favoreciendo condiciones de movilidad seguras e incluyentes. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ES008	Equidad de género	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento, el Proyecto promoverá un ambiente laboral basado en los principios de igualdad de oportunidades, no discriminación y respeto a los derechos de las personas trabajadoras, favoreciendo la participación del personal con base en sus competencias y experiencia, sin distinción por motivo de género. El promovente procurará que los procesos de contratación, capacitación y desempeño de las actividades se desarrollen bajo criterios de equidad, garantizando condiciones de trabajo seguras y el cumplimiento de la normatividad laboral aplicable. Con ello, el Proyecto es congruente con la estrategia de promover la equidad de género en el desarrollo de las actividades productivas y de infraestructura. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc01	Desarrollo rural	El Proyecto contribuirá al fortalecimiento de la infraestructura ferroviaria regional, mejorando la conectividad entre las zonas rurales y los centros de población, así como el acceso a los mercados, servicios e infraestructura logística. Esta condición favorece el desarrollo de las actividades productivas del medio rural al facilitar el transporte de personas, insumos y mercancías, contribuyendo al desarrollo económico regional. Durante la ejecución del Proyecto se procurará la contratación de mano de obra y la adquisición de bienes y servicios disponibles en las localidades cercanas, cuando las condiciones técnicas, operativas y de disponibilidad lo permitan, favoreciendo una derrama económica temporal en la región. La implementación de los protocolos ambientales permitirá prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos derivados de la construcción, promoviendo la conservación de los recursos naturales que sustentan las actividades productivas del medio rural.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		CUMPLIMIENTO: de carácter informativo.
EEc11	Fomento del turismo alternativo	El Proyecto, al mejorar la conectividad interestatal, puede favorecer indirectamente el desarrollo del turismo alternativo en la región, aunque no es un objetivo directo del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc12	Fomento del turismo convencional	El Proyecto, al ofrecer una nueva opción de movilidad interurbana de pasajeros, favorece la conectividad turística entre Jalisco y Guanajuato, contribuyendo al fomento del turismo convencional en la región. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc13	Vinculación de la red turística estatal	El Proyecto contribuirá al fortalecimiento de la conectividad ferroviaria regional, favoreciendo la integración entre centros de población y diversos destinos con potencial turístico dentro del estado. La mejora en la infraestructura de transporte permitirá facilitar el desplazamiento de personas de manera más eficiente, segura y sostenible, fortaleciendo la articulación de la red turística estatal y mejorando la accesibilidad a los atractivos turísticos y culturales de la región. El Proyecto se desarrollará en apego a los instrumentos de ordenamiento territorial y mediante la implementación de los protocolos ambientales de prevención, mitigación, restauración y compensación, procurando que la infraestructura se integre de manera compatible con el entorno natural y social, contribuyendo al aprovechamiento sustentable del territorio y al fortalecimiento de las actividades económicas asociadas al turismo. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc15	Desarrollo tecnológico e innovación	La planeación del Proyecto se apoyó en herramientas tecnológicas para la caracterización ambiental y territorial, permitiendo optimizar el diseño de la infraestructura y seleccionar alternativas que reducen la ocupación del suelo y los impactos sobre los recursos naturales. Estas herramientas permiten optimizar el trazo, incrementar la seguridad operacional y reducir los impactos ambientales y sociales asociados al Proyecto. Para dar cumplimiento a la restauración ecológica en las superficies afectadas por el trazo de la obra ferroviaria, integrando medidas de compensación ambiental a través de la implementación de reforestaciones que requieran asistencia activa para la restauración de los sitios degradados, esto empleando especies nativas de la región. Otras medidas serán la implementación del rescate, acamellonamiento y resguardo del suelo vegetal y la estabilización geotécnica y biológica de los taludes de las zonas de corte, todo esto dentro de la huella de afectación manifestada, en caso de que el proyecto sea autorizado. En estricta congruencia con la protección de los ecosistemas, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas.

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* - **M11.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **CO2** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
EEc16	Desarrollo de clúster económicos estratégicos	El Proyecto puede contribuir al fortalecimiento de clústeres económicos regionales al mejorar la conectividad interestatal; sin embargo, no es un objetivo directo del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

Del análisis integral con el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PEDUOET), se concluye que **el Proyecto guarda plena congruencia normativa y espacial**, limitándose al DDV autorizado sin inducir usos de suelo desordenados.

La obra incorpora un esquema riguroso de prevención, mitigación, restauración y compensación; respaldado por medidas específicas de manejo ambiental; conservación de suelos, protección de flora y fauna, y gestión hídrica, entre otras acciones, que garantizan la estabilidad ecológica y la conectividad biológica. Al consolidarse como una alternativa de transporte masivo eficiente y resiliente, el Proyecto fortalece la infraestructura pública, fomenta la inclusión social, impulsa los corredores económicos regionales y mitiga las emisiones frente al transporte convencional, acreditando así su viabilidad ambiental y su contribución al desarrollo sustentable del occidente del país.

CONSULTA PÚBLICA

II.3.3 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Irapuato 2025*

Fecha de expedición: 2025.
Fecha de última reforma: 17 de abril de 2026.
Fuente de consulta y publicación: https://implanirapuato.gob.mx/pmduoet/

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato, Guanajuato 2025 (PMDUOET) constituye el instrumento de planeación que orienta el desarrollo urbano y el ordenamiento ecológico y territorial del municipio. Su actualización fue aprobada el 17 de abril de 2026 y se sustenta en el marco normativo y de planeación correspondiente a los tres órdenes de gobierno, integrando disposiciones relacionadas con el ordenamiento territorial, protección ambiental, vivienda, agua, asentamientos humanos y desarrollo urbano, entre otras materias.

El Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio (MOST) constituye la base para la gestión territorial del municipio y establece la delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental Territorial (UGAT). Su formulación mantiene congruencia con el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato 2040 (PEDUOET 2040), considerando que el municipio de Irapuato se inserta en la dinámica económica, urbana y ambiental de la denominada "*Ciudad lineal, industrial y de servicios*", conformada por los municipios que integran la Región III Centro y la Zona Metropolitana Irapuato-Salamanca.

La actualización del PEDUOET 2040, publicada el 2 de abril de 2019, constituye uno de los principales insumos para la definición de las UGAT municipales. En este sentido, el PMDUOET retoma las unidades estatales con incidencia territorial en Irapuato y, a partir de los resultados de su diagnóstico y prospectiva, realiza un análisis con mayor nivel de detalle de las características y usos del suelo presentes en el municipio.

El PEDUOET 2040 se integra por 817 UGAT, de las cuales 48 se localizan total o parcialmente dentro del municipio de Irapuato. A partir de estas unidades estatales y con la finalidad de alcanzar un mayor nivel de detalle en la regulación y definición de los usos del suelo, algunas de ellas fueron subdivididas en el ámbito municipal, dando como resultado un total de 71 UGAT municipales.

De acuerdo con la ubicación y trayectoria del Proyecto, éste incide territorialmente en 7 UGAT municipales: 393-1, 393-2, 408-1, 432-2, 463-1, 463-2 y 463-3[2].

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 4.81 % incide dentro de la UGAT 393-1, seguido de la 432-2 con una incidencia del 0.61 %, y después la UGAT 393-2 en un 0.47 %. El resto de las UGATs tienen una incidencia menor al 0.40 %, y el 93.12 % del AP no presenta incidencia sobre este ordenamiento

[2] Si bien el SIGEIA no indica incidencia con la UGAT 408-1, el corte del vector disponible en https://implanirapuato.gob.mx/pmduoet/ sí intercepta con dicha UGAT, por lo que se presenta la vinculación con dicha Unidad.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.53. **Porcentaje de incidencia dentro del** PMDUOET de Irapuato. **Elaboración propia.**

UGAT	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
393-1	473,042	4.81
393-2	46,117	0.47
408-1	37,970	0.39
432-2	60,193	0.61
463-1	20,311	0.21
463-2	25,213	0.26
463-3	14,058	0.14
Sin incidencia	9,157,567	93.12
Total	**9,834,472**	**100.00**

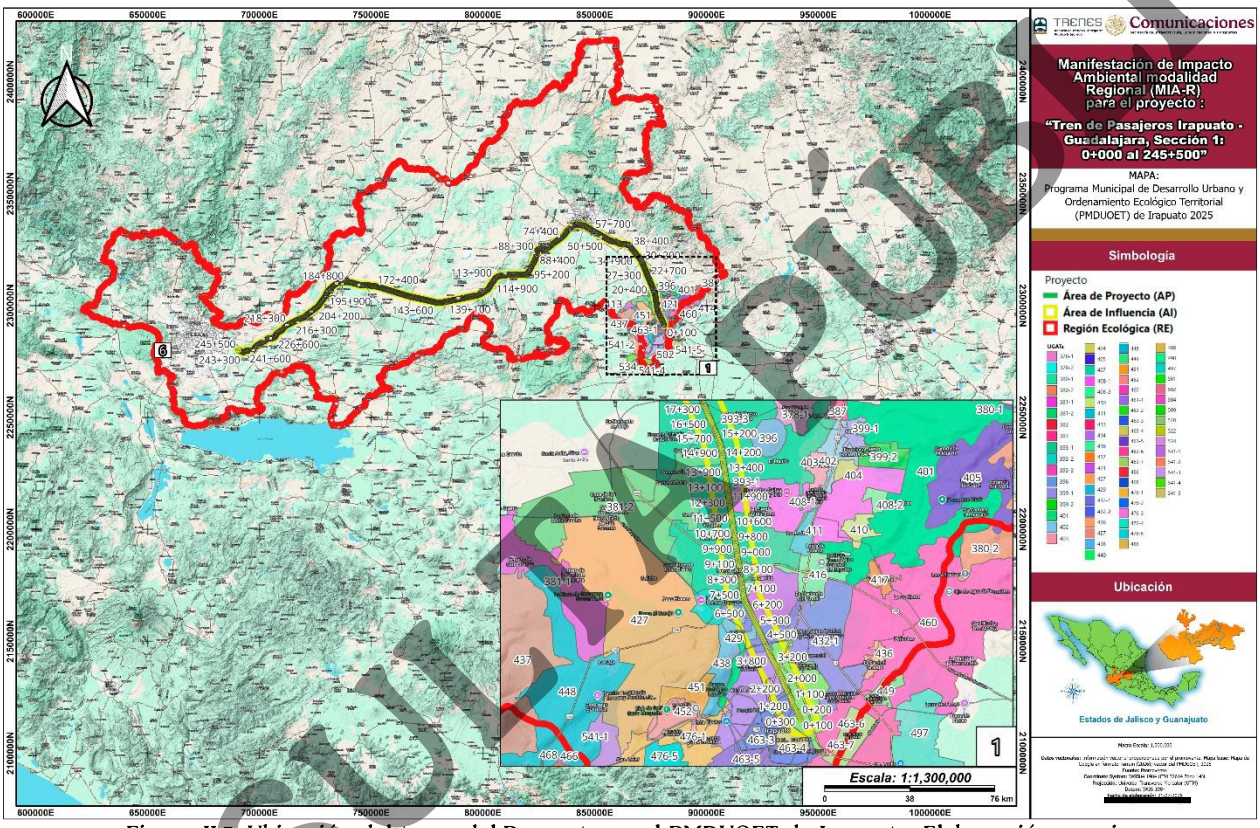


Figura II.3. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUOET de Irapuato. Elaboración propia.

En las Tablas siguientes, se presentan las características de las UGAT en las que incide el Proyecto, a partir de las cuales se realiza posteriormente la vinculación específica con las estrategias, criterios, modalidades y restricciones que guardan relación con la infraestructura ferroviaria.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.54. **Descripción de la UGAT 393-1 Aprovechamiento Sustentable para la Preservación Agrícola. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 393-1. Aprovechamiento sustentable para preservación agrícola</th></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie en ha:
5,773.31 ha</td><td colspan="2">Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Conservación urbana</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td>Población:
4,749 ha</td><td>Densidad de la población:
0.8</td><td>Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:
La Presa de San Antonio (Raúl Rivera), Estación de Villalobos, El Fierro (Los Rayas), Zenaida Rocha, San Judas Tadeo (El Crucero de Serrano), Ninguno (Empacadora de Zanahorias), La Casa de Polo, Jesús Hernández, Ejido Molineros (Gregorio Gutiérrez Juárez), Alfonso Bravo, Luis Bravo, Granja el Espinero (Fernando Ortega), El Tecuán (Manuel Pérez Martínez), Las Presitas, Loma Bonita (Granja), El Espinero (Rancho de Don Bene), Santo Rostro (Rogelio Fonseca Bustos), Mauro Guzmán, El Monte, El Dorado (Jorge Luis Bravo Bustos), Noria de Royán (Los Jarales), Granja los Girasoles, La Arena (José Luis Cabrera Martínez), José Guardado Pérez, El Llanito, Santa María Sección Dos (Granja), Modesto García, Las Margaritas, El Espinero (Pedro Ibarra), La Loma, Estación Vieyra (Granja Ofelia), Colonia el Copalillo (El Chorizo), Juan Hernández, Granja los Pinos, Felipe García Díaz, Doctor Raúl Jaramillo</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uso de suelo predominante:
Agrícola</td><td colspan="3">Zonas de Atención Estratégica (ZAE):
ZAE 3. Distrito de Riego 11
ZAE 8. Río Guanajuato y Arroyo Santa Rita
ZAE 13. Vías del Ferrocarril
ZAE 21. Colonias con altos índices de inseguridad
ZAE 20. Corredores Económicos</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="4">Preservar con uso agrícola lo terrenos localizados en el Distrito de riego 011 por su elevado valor productivo. La frontera agrícola estará delimitada por las UGAT de este grupo.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Estrategias:
E12: Impulso del turismo rural.
E13: Reconversión productiva de actividades pecuarias a forestales.
E14: Reconversión productiva de actividades agrícolas a forestales.
E16: Fortalecer la producción de alimentos a través de apoyos a los agricultores e implementación de nuevas tecnologías.
E26: Aumento de productividad agrícola.
E41: Conservación de suelos.
E42: Reducción de la erosión.
E48: Consolidar acciones para el control de volúmenes de extracción y recarga de acuíferos.
E50: Impulsar programas de vivienda sustentable con elementos de arquitectura bioclimática, cosechas de agua y fuentes de energía renovable.
E75: Parque Lineal Río Guanajuato y Río Silao.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones:
Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:
MRRA1: Agrícola de riego. En las zonas de recarga de medio y alto potencial los distritos de riego deberán dar tratamiento primario de agua (como reactores anaerobios de flujo ascendente o fosas sépticas) bajo la supervisión de su correcto funcionamiento por parte del municipio.
MRAS5: Gasoductos. Clasificación de áreas de seguridad de ductos.
MRDV1: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas con estructura tipo rural.
MRDV2: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas normalizadas con estructura tipo urbano
MRDV3: Vías federales (Carreteras). A partir del eje simetría 20 metros, para un total de 40 metros.
MRDV4: Vías férreas. A partir del eje de simetría 15 metros, para un total de 30 metros.
MRDV5: Gasoductos. Definición de Derechos de vía.
MDVR6: La delimitación de la zona federal se establecerá a partir de cien metros río arriba, contados desde su desembocadura.
MRDV7: Presas, estructuras hidráulicas e instalaciones conexas. La franja alrededor de la infraestructura no mayor a 50 metros.
Específicas para la UGAT
Al poniente de la UGAT se ubica una fracción del vaso de la presa El Conejo, que, aunque su uso actual corresponda al AGRÍCOLA, se deben atender las medidas de seguridad y restricción establecidas por la normatividad correspondiente.
Para la UGAT, la zonificación Recarga de Mantos Acuíferos es compatible con el uso Agrícola.
Se priorizará la regularización de la ocupación en parcelas ejidales.
Corredor Económico - Carretera Federal 45.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040:
Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Acu09, Acu10, Acu11, Agr01, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex08, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu03, Ahu04, Ahu07, Ahu08, Ahu14, Ahu16, Ahu18, Ahu20, Ahu26, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl09, Inl10, Inl12, Inl17, Inm01, Inm02, Inm06, Inm07, Inm08, Inm14, Inm16, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08, Cc01,Cc02,Cc03,Cc04,Cc05,Cc06.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.55. **Descripción de la UGAT 393-2 Aprovechamiento Sustentable para la Preservación Agrícola. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="5">UGAT 393-2. Aprovechamiento sustentable para preservación agrícola</th></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie en ha:
425.43 ha</td><td colspan="2">Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Conservación urbana</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td>Población:
172 ha</td><td>Densidad de la población:
0.4</td><td>Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:
Ejido de Arandas (La Jordana), Las Presitas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uso de suelo predominante:
Agrícola</td><td colspan="3">Zonas de Atención Estratégica (ZAE):
ZAE 8. Río Guanajuato y Arroyo Santa Rita
ZAE 9. Río Silao
ZAE 13. Vías del ferrocarril</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="4">Preservar con uso agrícola lo terrenos localizados en el Distrito de riego 011 por su elevado valor productivo. La frontera agrícola estará delimitada por las UGAT de este grupo.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Estrategias:
E12: Impulso del turismo rural.
E13: Reconversión productiva de actividades pecuarias a forestales.
E14: Reconversión productiva de actividades agrícolas a forestales.
E39: Fomentar e implementar técnicas sustentables de captación y abasto de agua.
E50: Impulsar programas de vivienda sustentable con elementos de arquitectura bioclimática, cosechas de agua y fuentes de energía renovable.
E60: Implementación de corredores biológicos que propicien la conectividad ecológica y preserven los servicios Ecosistémicos.
E65: Fomentar el uso de tecnologías renovables y energías limpias.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones:
Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:
MRRA1: Agrícola de riego. En las zonas de recarga de medio y alto potencial los distritos de riego deberán dar tratamiento primario de agua (como reactores anaerobios de flujo ascendente o fosas sépticas) bajo la supervisión de su correcto funcionamiento por parte del municipio.
MRDV1: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas con estructura tipo rural.
MRDV2: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas normalizadas con estructura tipo urbano
MRDV4: Vías férreas. A partir del eje de simetría 15 metros, para un total de 30 metros.
Específicas para la UGAT
Por su colindancia con el Área Natural Protegida Cerro de Arandas, esta UGAT se considera zona de transición hacia la misma. Las actividades que se realicen tenderán a la preservación de las condiciones naturales.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040:
Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agr01, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex08, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ahu03, Ahu04, Ahu07, Ahu08, Ahu14, Ahu16, Ahu18, Ahu20, Ahu26, Ahu27, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01,Inl02,Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl11, Inl14, Inl15, Inl16, Inm02, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08, Cc01,Cc02,Cc03,Cc04,Cc05,Cc06.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.56. **Descripción de la UGAT 408-1 Aprovechamiento Sustentable para la Consolidación de la actividad industrial. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 408-1. Aprovechamiento sustentable para la consolidación de la actividad industrial</th></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie en ha:
1,768.21 ha</td><td colspan="2">Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td>Población:
191 ha</td><td>Densidad de la población:
0.11</td><td>Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:
Los Sabinos, Camino Real, Fraccionamiento Anáhuac (Campo de Tiro), Granja el Molino, Las Mercedes (Granja), José de Jesús Puga, Arroyo Zarco, El Monte (Hacienda Camino Real), Jesús Villanueva Martínez, La Presa Grande, Vieyra, Lucio Gutiérrez, Granja la Luz, Loma las Camelinas,
Castro del Río (Parque Industrial Castro del Río), Granja San Charbel, El Italiano (Granja)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uso de suelo predominante:
Industrial</td><td colspan="3">Zonas de Atención Estratégica (ZAE):
ZAE 8. Río Guanajuato y Arroyo Santa Rita
ZAE 20. Corredores Económicos</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="4">Promover que la consolidación de la actividad industrial se desarrolle bajo un modelo ambientalmente sustentable.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Estrategias:
E31: Industria limpia en parques industriales.
E32: Impulso al manejo integral de residuos sólidos.
E33: Fomento de ecotecnias.
E34: Fomento de la ecología industrial.
E35: Prevención de riesgos.
E37: Mitigación al cambio climático.
E46: Llevar acabo un adecuado control de la actividad industrial.
E48: Consolidar acciones para el control de volúmenes de extracción y recarga de acuíferos.
E51: Realizar estudios de manera sistemática de la calidad del aire, que identifiquen los principales riesgos y evalúen las repercusiones actuales y de largo plazo en la salud de la población.
E61: Tratamiento de aguas residuales para reúso en actividades industriales y riego de áreas verdes.
E65: Fomentar el uso de tecnologías renovables y energías limpias.
E72: Consolidar la conectividad de las zonas habitacionales con centros de trabajo, equipamiento y servicios, privilegiando el transporte público, la movilidad no motorizada y la presencia de ciclovías.
E85: Promover la creación y rehabilitación de áreas verdes en los espacios públicos.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones:
Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:
MRZR13: Los Proyectos industriales que se promuevan deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como de riesgo.
MRZR14: Se aplicarán medidas de prevención y atención de emergencias derivadas de accidentes relacionados con el almacenamiento de combustibles, así como por altos riesgos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, etc.). Se instrumentará un plan de emergencias para la evacuación de la población en caso de accidentes, así como planes de emergencia en respuesta a derrames y/o explosiones de combustible y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.
MRZR15: Las zonas destinadas al establecimiento de industrias que desarrollen actividades riesgosas o altamente riesgosas deberán mantener una zona de amortiguamiento con respecto a los asentamientos humanos, escurrimientos superficiales y cuerpos de agua, la cual deberá determinarse a partir de un estudio que considere los diferentes escenarios de riesgo.
MRZR16: Los Proyectos industriales que se promuevan deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como de riesgo.
MRZR17: Se aplicarán medidas de prevención y atención de emergencias derivadas de accidentes relacionados con el almacenamiento de combustibles, así como por altos riesgos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, etc.). Se instrumentarán planes de emergencias para la evacuación de la población en caso de accidentes, planes de emergencias como respuesta a derrames y/o explosiones de combustibles y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.
MRZR18: Toda infraestructura industrial donde exista riesgo de derrames, deberá contar con diques de contención acordes al tipo y volumen de almacenamiento y conducción.
MRZR19: Toda industria, conjuntamente con las autoridades competentes, deberá informar a la población circundante de los riesgos inherentes a los procesos de producción y gestión, y deberán participar en la implementación de los planes de contingencia correspondientes.
MRZR20: Las zonas destinadas al desarrollo de industrias mantendrán una zona de amortiguamiento respecto a los asentamientos humanos, escurrimientos superficiales y cuerpos de agua, la cual deberá determinarse a partir de un estudio que considere los diferentes escenarios de riesgo.
MRZR21: Los Proyectos industriales que se promuevan en la UGAT deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como de riesgo.
MRZR22: Toda infraestructura industrial donde exista riesgo de derrames, deberá contar con diques de contención acordes al tipo y volumen de almacenamiento y conducción.
MRZR23: Toda industria, conjuntamente con las autoridades competentes, deberá informar a la población circundante de los riesgos inherentes a los procesos de producción y gestión, y deberán participar en la implementación de los planes de contingencia correspondientes.
MRDV1: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas con estructura tipo rural.
MRDV2: Estructuras eléctricas-Líneas aéreas con estructura tipo rural.
MRDV3: Vías federales (Carreteras). A partir del eje simetría 20 metros, para un total de 40 metros.
MRDV5: Gasoductos. Definición de Derechos de vía.
MRAS5: Gasoductos. Clasificación de áreas de seguridad de ductos
Específicas para la UGAT
Para la ocupación industrial de la UGAT se procurará prioritariamente el desarrollo adyacente a lo ya urbanizado.</td></tr>
</table>

COPIA PÚBLICA

UGAT 408-1. Aprovechamiento sustentable para la consolidación de la actividad industrial
Aunado a las condiciones descritas en las autorizaciones ambientales correspondientes de cada industria, deberá designarse dentro del polígono industrial, la zona de amortiguamiento con un ancho suficiente que permita contener los posibles riesgos e implicaciones derivadas de las actividades propias de la industria. Corredor Económico - Carretera Federal 45. Para el desarrollo de actividades extractivas en la UGAT, es necesario el establecimiento de un perímetro de restricción en la colindancia con zonas de uso urbano, entendida como una faja de terreno inmediata con respecto a centros de población, asentamientos humanos, zonas industriales, comerciales y de servicios, equipamientos urbanos, vías de comunicación, infraestructuras y otros usos urbanos, además de lo indicado en la Norma Técnica Ambiental NTA-IEE002/2007 que establece los lineamientos y especificaciones para la selección, operación, seguimiento, abandono, obras complementarias y medidas de regeneración ambiente de un sitio de extracción o explotación de materiales pétreos.
Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040: Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ifp01, Ifp02, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.

Tabla II.57. **Descripción de la UGAT 432-2 Aprovechamiento Sustentable para el Crecimiento de los Asentamientos Humanos Urbanos. Elaboración propia.**

UGAT 432-2. Aprovechamiento sustentable para crecimiento de los asentamientos humanos urbanos			
Superficie en ha: 351.39 ha	**Política ecológica:** Aprovechamiento sustentable		**Política territorial:** Crecimiento
 	**Población:** 1,794 ha	**Densidad de la población:** 5.11	**Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:** Fraccionamientos Valle Real, La Giralda, Residencial San Marino
Uso de suelo predominante: Mixto	**Zonas de Atención Estratégica (ZAE):** ZAE 8. Río Guanajuato y Arroyo Santa Rita ZAE 13. Vías del ferrocarril		
Lineamiento:	Promover que el crecimiento de los asentamientos humanos se desarrolle bajo un modelo urbano ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo- competitivo y ambientalmente sustentable.		
Estrategias: E6: Focalización de recursos para la ampliación de las redes de servicios públicos de agua y energía eléctrica. E35: Prevención de riesgos. E68: Catastro detallado sobre la localización y situación jurídica de los vacíos urbanos dentro del límite de crecimiento. E70: Impulsar acciones para contener el crecimiento urbano, así como en las zonas no aptas para el desarrollo, a través de la definición de límites de crecimiento en la ciudad y los asentamientos humanos. E85: Promover la creación y rehabilitación de áreas verdes en los espacios públicos. E87: Diseño de vialidad con accesibilidad universal.			
Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones: **Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:** MRDV1: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas con estructura tipo rural. Definición de Derechos de vía MRDV2: Estructuras eléctricas: Líneas aéreas normalizadas con estructura tipo urbano. Definición de Derechos de vía. MRDV4: Vías férreas. A partir del eje de simetría 15 metros, para un total de 30 metros. MRDV5: Gasoductos. Definición de Derechos de vía. MRDV6: Ribera o Zona Federal de corrientes de agua. 10 metros de cada lado (20 metros en total) en los cauces con una anchura mayor de cinco metros. MRAS5: Gasoductos. Clasificación de áreas de seguridad de ductos. MRZR8: Los asentamientos humanos en zonas de riesgos geológicos e hidrometeorológicos estarán sujetas a los estudios de riesgo correspondiente al fenómeno que los origina y estarán supeditadas a la restricción definida por la autoridad competente. En las zonas propensas se deberá contar con todas las obras de infraestructura y medidas de prevención y mitigación correspondientes. MRZR9: Para el caso de zonas ya urbanizadas se deberán desarrollar obras y acciones que mitiguen el riesgo hacia la población. **Específicas para la UGAT** Para la ocupación de la UGAT se procurará el desarrollo adyacente a lo ya urbanizado.			
Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08, Cc01,Cc02,Cc03,Cc04,Cc05,Cc06.			

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.58. **Descripción de la UGAT 463-1 Aprovechamiento Sustentable para Consolidación de los Asentamientos Humanos en Ciudad Central. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 463-1. Aprovechamiento sustentable para consolidación de los asentamientos humanos en Ciudad Central</th></tr>
<tr><td>Superficie en ha:
932.13 ha</td><td colspan="2">Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td>
</td><td>Población:
68,431 ha</td><td>Densidad de la población:
73.41</td><td>Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:
Jardines de San Antonio, Residencial San Antonio de Ayala, UH Bernardo Cobos, Españita, UH FOVISSSTE, La Estancia B, Tabachines, Ciudad Deportiva, Los Príncipes, Las Eras, San Gabriel, Flores Magón Norte, Quinta Jacarandas, Provincia Cibeles, Quinta Las Villas, Primero de Mayo</td></tr>
<tr><td>Uso de suelo predominante:
Habitacional</td><td colspan="3">Zonas de Atención Estratégica (ZAE):
ZAE 13. Vías del ferrocarril
ZAE 14. Zonas urbanas y rurales con alta y muy alta marginación
ZAE 17. Fallas, fracturas y hundimientos activas dentro del área urbana
ZAE 21. Colonias con altos índices de inseguridad</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="3">Consolidar como un espacio de alta competencia productiva de bienes, servicios especializados y conocimiento. Se garantizarán los ejes de la Nueva Agenda Urbana: Inclusión urbana, derecho a la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Estrategias:
E1: Redefinición de límites y actualización de las Zonas de Atención Prioritarias, SENCO.
E2: Actualización de diagnósticos y censos de zonas marginadas.
E6: Focalización de recursos para la ampliación de las redes de servicios públicos de agua y energía eléctrica.
E9: Gestión y difusión de los programas de construcción, ampliación y mejoramiento de vivienda.
E32: Impulso al manejo integral de residuos sólidos.
E35: Prevención de riesgos
E38: Disminuir los asentamientos humanos irregulares a través de la aplicación de la normativa, para garantizar el acceso a los servicios públicos, así como la regularización de predios rústicos o ganaderos de pequeña propiedad.
E43: Construcción de equipamiento de alto impacto social
E51: Realizar estudios de manera sistemática de la calidad del aire, que identifiquen los principales riesgos y evalúen las repercusiones actuales y de largo plazo en la salud de la población.
E56: Mantener actualizada la normativa correspondiente al manejo integral y sustentable de los suelos, incluyendo zona urbana y rural.
E66: Evaluar el potencial de fallamiento de superficie, para poder determinar las medidas de mitigación adecuadas. Evitar la construcción en zonas con presencia de fallas o potencial de fallamiento.
E68 Catastro detallado sobre la localización y situación jurídica de los vacíos urbanos dentro del límite de crecimiento.
E71: Estimular la construcción al interior de las áreas ya urbanizadas
E75: Parque Lineal Río Guanajuato y Río Silao.
E78: Promover la instalación de equipamientos a partir del reciclamiento del suelo urbano.
E79: Diseñar opciones de conectividad a espacios públicos y escuelas: vías seguras, senderos peatonales, ciclovías, Ampliación de banquetas.
E80: Rediseñar el modelo de transporte público hacia un sistema de corredores estructurantes de extensión regional – metropolitana.
E82: Incrementar acciones para impulsar Proyectos de diseño y construcción de nuevas vialidades, que consideren la utilización de un medio de transporte público alterno.
E87: Diseño de vialidad con accesibilidad universal.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones:
Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:
MRZR9: Para el caso de zonas ya urbanizadas se deberán desarrollar obras y acciones que mitiguen el riesgo hacia la población.
MRDV4: Vías férreas. A partir del eje de simetría 15 metros, para un total de 30 metros.
Específicas para la UGAT
En la UGAT se ubican más de 90 Ha urbanizables en las cuales se priorizarán las estrategias de redensificación urbana.
Se priorizará la regularización de la tenencia de la tierra en los asentamientos irregulares.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040:
Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Cc01,Cc02,Cc03,Cc04,Cc05,Cc06.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.59. **Descripción de la UGAT 463-2 Aprovechamiento Sustentable para Consolidación de los Asentamientos Humanos en Ciudad Central. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 463-2. Aprovechamiento sustentable para consolidación de los asentamientos humanos en Ciudad Central</th></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie en ha:
773.97 ha</td><td colspan="2">Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td>Población:
34,064 ha</td><td>Densidad de la población:
44.01</td><td>Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:
Terracota, Rincón de los Arcos, Villas El Dorado, Del Bosque, Villa Esmeralda, San Juanito, Hacienda Del Carrizal, Nogalia, Las Delicias, Esfuerzo Obrero, La Pradera, UH Laboratorio CFE, Plan Guanajuato, Las Brisas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uso de suelo predominante:
Habitacional</td><td colspan="3">Zonas de Atención Estratégica (ZAE):
ZAE 13. Vías del ferrocarril
ZAE 14. Zonas urbanas y rurales con alta y muy alta marginación
ZAE 17. Fallas, fracturas y hundimientos dentro del área urbana
ZAE 21. Colonias con altos índices de inseguridad</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="4">Consolidar como un espacio de alta competencia productiva de bienes, servicios especializados y conocimiento. Se garantizarán los ejes de la Nueva Agenda Urbana: Inclusión urbana, derecho a la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Estrategias:
E1: Redefinición de límites y actualización de las Zonas de Atención Prioritarias, SENCO.
E2: Actualización de diagnósticos y censos de zonas marginadas.
E6: Focalización de recursos para la ampliación de las redes de servicios públicos de agua y energía eléctrica.
E9: Gestión y difusión de los programas de construcción, ampliación y mejoramiento de vivienda.
E32: Impulso al manejo integral de residuos sólidos.
E35: Prevención de riesgos
E38: Disminuir los asentamientos humanos irregulares a través de la aplicación de la normativa, para garantizar el acceso a los servicios públicos, así como la regularización de predios rústicos o ganaderos de pequeña propiedad.
E43: Construcción de equipamiento de alto impacto social
E51: Realizar estudios de manera sistemática de la calidad del aire, que identifiquen los principales riesgos y evalúen las repercusiones actuales y de largo plazo en la salud de la población.
E56: Mantener actualizada la normativa correspondiente al manejo integral y sustentable de los suelos, incluyendo zona urbana y rural.
E66: Evaluar el potencial de fallamiento de superficie, para poder determinar las medidas de mitigación adecuadas. Evitar la construcción en zonas con presencia de fallas o potencial de fallamiento.
E68: Catastro detallado sobre la localización y situación jurídica de los vacíos urbanos dentro del límite de crecimiento.
E71: Estimular la construcción al interior de las áreas ya urbanizadas
E75: Parque Lineal Río Guanajuato y Rio Silao.
E78: Promover la instalación de equipamientos a partir del reciclamiento del suelo urbano
E79: Diseñar opciones de conectividad a espacios públicos y escuelas: vías seguras, senderos peatonales, ciclovías, ampliación de banquetas.
E80: Rediseñar el modelo de transporte público hacia un sistema de corredores estructurantes de extensión regional – metropolitana.
E82: Incrementar acciones para impulsar Proyectos de diseño y construcción de nuevas vialidades, que consideren la utilización de un medio de transporte público alterno.
E87: Diseño de vialidad con accesibilidad universal.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones:
Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:
MRZR8: Los asentamientos humanos en zonas de riesgos geológicos e hidrometeorológicos estarán sujetas a los estudios de riesgo correspondiente al fenómeno que los origina y estarán supeditadas a la restricción definida por la autoridad competente. En las zonas propensas se deberá contar con todas las obras de infraestructura y medidas de prevención y mitigación correspondientes.
MRDV4: Vías férreas. A partir del eje de simetría 15 metros, para un total de 30 metros.
Específicas para la UGAT
En una fracción de la UGAT 463-2 y una fracción de la UGAT 463-3 conforman el Polígono de la Gran Manzana, se considera prioritaria las acciones de acuerdo a lo que se establezca en el Plan Maestro.
En la UGAT se ubican más de 140 Ha urbanizables en los cuales se priorizarán las estrategias de redensificación urbana.
Se priorizará la regularización de la tenencia de la tierra en los asentamientos irregulares.
Deberá considerarse el Proyecto del tren de pasajeros Querétaro-Irapuato y la estación del tren de pasajeros.
Las actividades que se clasifiquen como INDUSTRIA PESADA o como ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS acorde a la normatividad correspondiente deberán establecer las medidas de mitigación de los riesgos derivados de las actividades inherentes a su operación, así como a sus colindancias.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040:
Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agr02, Agr03, Agr04, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex08, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Cc01,Cc02,Cc03,Cc04,Cc05,Cc06.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.60. **Descripción de la UGAT 463-3 Aprovechamiento Sustentable para Consolidación de los Asentamientos Humanos en Ciudad Central. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="4">UGAT 463-3. Aprovechamiento sustentable para consolidación de los asentamientos humanos en Ciudad Central</th></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie en ha:
657.59 ha</td><td colspan="2">Política ecológica:
Aprovechamiento sustentable</td><td>Política territorial:
Consolidación</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td>Población:
50,645 ha</td><td>Densidad de la población:
77.02</td><td>Principales localidades, fraccionamientos, asentamientos o colonias:
Viveros Revolución, Gámez, Las Reinas, Los Eucaliptos, Jardines de Irapuato, Independencia, Moderna, Rodríguez, Barrio Nuevo, Barrio de Santa Julia, Residencial Campestre, Prolongación Moderna, San Pedro, Guerrero, Álvaro Obregón, El Cantador, Barrio de la Calzada de Guadalupe</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uso de suelo predominante:
Habitacional</td><td colspan="3">Zonas de Atención Estratégica (ZAE):
ZAE 13. Vías del ferrocarril
ZAE 14. Zonas urbanas y rurales con alta y muy alta marginación
ZAE 17. Fallas, fracturas y hundimientos dentro del área urbana
ZAE 21. Colonias con altos índices de inseguridad</td></tr>
<tr><td>Lineamiento:</td><td colspan="4">Consolidar como un espacio de alta competencia productiva de bienes, servicios especializados y conocimiento. Se garantizarán los ejes de la Nueva Agenda Urbana: Inclusión urbana, derecho a la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Estrategias:
E6: Focalización de recursos para la ampliación de las redes de servicios públicos de agua y energía eléctrica.
E9: Gestión y difusión de los programas de construcción, ampliación y mejoramiento de vivienda.
E32: Impulso al manejo integral de residuos sólidos.
E35: Prevención de riesgos
E38: Disminuir los asentamientos humanos irregulares a través de la aplicación de la normativa, para garantizar el acceso a los servicios públicos, así como la regularización de predios rústicos o ganaderos de pequeña propiedad.
E43: Construcción de equipamiento de alto impacto social
E51: Realizar estudios de manera sistemática de la calidad del aire, que identifiquen los principales riesgos y evalúen las repercusiones actuales y de largo plazo en la salud de la población.
E56: Mantener actualizada la normativa correspondiente al manejo integral y sustentable de los suelos, incluyendo zona urbana y rural.
E66: Evaluar el potencial de fallamiento de superficie, para poder determinar las medidas de mitigación adecuadas. Evitar la construcción en zonas con presencia de fallas o potencial de fallamiento.
E68: Catastro detallado sobre la localización y situación jurídica de los vacíos urbanos dentro del límite de crecimiento
E71: Estimular la construcción al interior de las áreas ya urbanizadas
E78: Promover la instalación de equipamientos a partir del reciclamiento del suelo urbano
E79: Diseñar opciones de conectividad a espacios públicos y escuelas: vías seguras, senderos peatonales, ciclovías, ampliación de banquetas.
E80: Rediseñar el modelo de transporte público hacia un sistema de corredores estructurantes de extensión regional - metropolitana.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modalidades y restricciones al uso del suelo y a las construcciones:
Generales PMDUOET Cap. VI 1.6. En función de las características de las zonas en la UGAT se relacionará con la Modalidad y Restricción correspondiente. Se citan a continuación las de mayor incidencia:
MRZR8: Los asentamientos humanos en zonas de riesgos geológicos e hidrometeorológicos estarán sujetas a los estudios de riesgo correspondiente al fenómeno que los origina y estarán supeditadas a la restricción definida por la autoridad competente. En las zonas propensas se deberá contar con todas las obras de infraestructura y medidas de prevención y mitigación correspondientes.
MRDV4: Vías férreas. A partir del eje de simetría 15 metros, para un total de 30 metros.
Específicas para la UGAT
En una fracción de la UGAT 463-2 y una fracción de la UGAT 463-3 conforman el Polígono de la Gran Manzana, se considera prioritaria las acciones de acuerdo a lo que se establezca en el Plan Maestro.
En la UGAT se ubican más de 25 Ha urbanizables con acceso a todos los servicios en los cuales se priorizarán las estrategias de redensificación urbana.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Criterios de regulación Ambiental PEDUOET 2040:
Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl20, Ifl23, Ifa03, Ifa05, Sol01, Sol02, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm13, Inm19, Mna01, Cc01,Cc02,Cc03,Cc04,Cc05,Cc06.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA



El Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Irapuato establece las modalidades, restricciones y permisos aplicables al uso de suelo y a las construcciones, fijando pautas claras para el desarrollo urbano, la preservación ambiental y la congruencia con las necesidades de la comunidad local.

Derivado de lo anterior, el desarrollo del Proyecto atenderá la restricción **MRDV4** relativa a vías férreas. La franja de afectación de 30 metros a partir del eje de simetría (15 metros hacia cada lado) queda perfectamente contenida dentro del DDV general de 40 metros, garantizando que el diseño, construcción y operación observen los estándares de seguridad ferroviaria sin exceder las áreas operativas indispensables. Tratándose de una infraestructura de carácter federal, esta ocupación espacial se ejecutará en estricto cumplimiento con la normatividad aplicable, armonizando la congruencia técnica ferroviaria con los instrumentos ambientales y de infraestructura urbana de los ámbitos estatal y municipal.

En este sentido, durante el diseño y ejecución de la obra se respetará la franja de restricción establecida por el PMDUOET. En los tramos donde la infraestructura ferroviaria cuente con doble vía, dicha distancia se considerará a partir del eje de la vía extrema, en estricto apego a la propia restricción municipal y a la normativa aplicable.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se evitará la acumulación de materiales, residuos, maquinaria o insumos, así como la instalación de edificaciones, plataformas, instalaciones provisionales o cualquier otra estructura que pueda obstaculizar las vías o interferir con la prestación segura del servicio. Las áreas temporales necesarias para la construcción se ubicarán y operarán de manera que se mantengan libres las franjas requeridas para la seguridad y operación de la infraestructura. Asimismo, las obras e instalaciones que así lo requieran se realizarán previa obtención de los permisos correspondientes ante la SICT[3] y con apego a las disposiciones en la materia.

Por lo anterior, el Proyecto es compatible con la restricción **MRDV4**, toda vez que su diseño, construcción y operación observarán las dimensiones del DDV y las condiciones de seguridad establecidas, evitando la ocupación u obstrucción de las áreas necesarias para el servicio y sujetando la ejecución de las obras a las autorizaciones competentes.

A continuación, se presenta la tabla de vinculación del Proyecto con los criterios de regulación ambiental correspondientes a las **siete** (7) **Unidades de Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial** (UGAOT) en las que incide. Dicha vinculación considera la naturaleza de la obra como infraestructura lineal, así como sus características, alcances y las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y protocolos ambientales previstos para reducir los impactos derivados de su ejecución.

CONSULTA PÚBLICA

[3] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.



Tabla II.61. Vinculación con los criterios para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato 2025. Elaboración propia.

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Ifl05	La construcción de caminos deberá prever al menos el 50% de materiales que permitan la infiltración de agua pluvial al subsuelo, los cuales deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados a la dinámica hidráulica natural.	El trazo definitivo evita, en la medida de lo posible, las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad. Sin embargo, si bien el proyecto incide en una parte de este ordenamiento, y en el cual no habrá afectación a la vegetación nativa, se implementarán acciones de restauración para la recuperación de ecosistemas. Además, se realizará la construcción y mantenimiento de obras de drenaje transversal (ODTs) y cunetas (obras longitudinales) con la finalidad de que no haya una afectación y se permita la infiltración del agua y se permita la dinámica hidrológica de la región. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl08	En el caso de que la construcción de infraestructura interrumpa los flujos hidrológicos la empresa responsable de la construcción deberá presentar un Proyecto hidráulico avalado por la autoridad competente, que garantice la continuidad del caudal ecológico del flujo interrumpido.	El Proyecto contará con obras de drenaje hidráulico en los cruces del trazo con cuerpos o corrientes de agua que pudieran interrumpir flujos hidrológicos incorporados a las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, se realizará la construcción y dará mantenimiento a las obras de drenaje transversal (ODTs) y cunetas (obras longitudinales) que tendrán la finalidad de mantener la dinámica hidrológica dentro de la Región Ecológica (RE). Además, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer su afectación antes, durante y después de la ejecución del proyecto en comento. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl12	Para la vegetación de las áreas verdes o libres de Proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGAT se deberá priorizar el uso de especies nativas y se restringirá el uso de especies exóticas invasoras.	Para dar cumplimiento al criterio de priorizar vegetación nativa y restringir especies exóticas invasoras, esto a través de las acciones de compensación enfocadas en la restauración de sitios que requieran asistencia activa para su recuperación, en donde se emplearán específicamente especies nativas y de importancia ecológica para la región. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). Con esto, se asegura la compatibilidad ecológica y la preservación de los hábitats locales en las áreas intervenidas. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		- **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl13	Los Proyectos de infraestructura que requieran agua para su desarrollo u operación deberán contar con un Proyecto integral hídrico que evalúe la factibilidad del suministro de agua potable sin que implique una sobre explotación de los acuíferos.	El Proyecto requerirá de agua para riego, humectación y servicios básicos durante la etapa de preparación y construcción. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre lo acuíferos. El agua potable para uso será suministrada mediante proveedores externos autorizados. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.*
Ifl14	Se deberá realizar un estudio para la factibilidad de cada Proyecto de infraestructura, que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y riesgos que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.	El Proyecto contempla estudios geotécnicos, hidrológicos, estructurales, de vías y materiales, por lo que, cumple con el enfoque preventivo del criterio (anexo VI). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Ifl16	Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos Proyectos de infraestructura deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.	Durante el procedimiento de evaluación del impacto ambiental, la MIA-R será presentada ante la autoridad competente, sujetándose a los mecanismos de acceso a la información y participación pública previstos en la legislación ambiental aplicable, incluyendo aquellos procedimientos de difusión y consulta que, en su caso, determine la autoridad. De manera complementaria, previo y durante la ejecución de las obras, el promovente mantendrá comunicación con los propietarios, poseedores y demás personas directamente involucradas en predios aledaños donde se desarrollará el Proyecto, informando oportunamente sobre las actividades constructivas, las medidas ambientales que serán implementadas y las acciones necesarias para garantizar la seguridad durante la ejecución de los trabajos. Con ello, se da cumplimiento al criterio orientado a difundir las medidas, obras y acciones asociadas al desarrollo del Proyecto entre las localidades involucradas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Ifl17	La infraestructura de disposición lineal que se desarrolle en zonas de recarga de alto potencial evitará la generación de superficies impermeables que impidan la absorción del agua superficial hacia el subsuelo.	Para dar cumplimiento a la disposición de evitar superficies impermeables en zonas de recarga de alto potencial, el Proyecto ferroviario evitará el revestimiento tradicional en los cruces con arroyos o canales y privilegiará materiales porosos mediante la Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal. La conformación de la vía con balasto impedirá la creación de una superficie impermeable continua y favorecerá la infiltración pluvial natural al subsuelo, lo que, sumado a la rehabilitación y adecuación de las obras de drenaje amparadas por la misma medida, garantizará la preservación de la dinámica hidrológica de la zona. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl18	En zonas de alta capacidad de recarga se evitará el revestimiento de arroyos y canales con materiales tradicionales para permitir el paso hacia horizontes inferiores, de ser necesario habrá que remitirse a la aplicación del criterio de uso de materiales porosos.	Para cumplir con esta disposición en los cruces del trazo con arroyos o canales situados en zonas de alta capacidad de recarga, se evitará el uso de materiales tradicionales, privilegiando materiales porosos en estricta coordinación con la estrategia a través de la Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, garantizando así la correcta funcionalidad hidráulica y la estabilidad del entorno. El diseño de la vía con balasto impedirá la formación de superficies impermeables continuas y fomentará la infiltración pluvial hacia el subsuelo, preservando de manera integral la dinámica hidrológica natural de la región.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		CUMPLIMIENTO: MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl20	Los derechos de vía generados para infraestructura lineal deberán respetarse para su uso adecuado, cuyas dimensiones y características serán definidas por autoridad competente.	El Proyecto contempla la construcción de una infraestructura lineal, por lo que el desarrollo de las obras se llevará a cabo dentro del DDV autorizado y de las áreas expresamente destinadas para su ejecución, respetando las dimensiones, restricciones y características que establezcan las autoridades competentes. Durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, las actividades se limitarán al área autorizada, evitando la ocupación innecesaria de terrenos adyacentes y la generación de afectaciones fuera del DDV. Las obras y acciones ambientales previstas en las diferentes medidas del Proyecto contribuirán a mantener el adecuado uso y manejo del DDV, en apego a la normatividad aplicable. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl22	La instalación de infraestructura lineal deberá evitar impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola.	Durante la planeación y diseño del Proyecto se definió el trazo de la vía férrea considerando criterios técnicos, ambientales y territoriales, con el propósito de reducir al mínimo la ocupación y fragmentación de superficies con uso agrícola, priorizando, en la medida de lo técnicamente viable, el aprovechamiento de corredores de infraestructura existentes y evitando la ocupación innecesaria de superficies destinadas a actividades agrícolas. Las actividades de preparación del sitio y construcción se desarrollarán exclusivamente dentro del DDV y de las áreas autorizadas para la ejecución del Proyecto, evitando la intervención innecesaria de terrenos agrícolas adyacentes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*

En la siguiente tabla se presenta la vinculación del Proyecto con las estrategias aplicables a las 7 **UGAT en las que incide**, considerando las características y alcances del Proyecto, así como las medidas ambientales previstas para prevenir, mitigar y compensar los impactos derivados de su ejecución.

Tabla II.62. Vinculación con las Estrategias para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato 2025. Elaboración propia.

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
E32	Impulso al manejo integral de residuos sólidos.	El Proyecto es congruente con esta estrategia el correcto manejo integral de los residuos que establecerá medidas para prevenir y minimizar su generación, separarlos desde la fuente, almacenarlos temporalmente en condiciones adecuadas y favorecer su reutilización, reciclaje o valorización. Los residuos que no puedan aprovecharse serán entregados a prestadores de servicios y sitios autorizados, conforme a su clasificación y a la legislación aplicable. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
E33	Fomento de ecotécnias.	La estrategia promueve la incorporación de ecotecnias de manera general. En el Proyecto se favorecerá el uso eficiente de agua, materiales y energía durante la construcción y operación, así como prácticas de manejo ambiental que reduzcan consumos y generación de residuos. Cuando técnica y operativamente resulte viable, podrán incorporarse soluciones de bajo impacto compatibles con la naturaleza del Proyecto.
E35	Prevención de riesgos.	Previo y durante la ejecución del Proyecto se considerarán los riesgos naturales y antropogénicos presentes a lo largo del trazo, a fin de establecer medidas

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		preventivas y de seguridad acordes con las condiciones de cada sitio. El diseño de la infraestructura incorporará las especificaciones técnicas necesarias para su operación segura y durante la construcción se aplicarán procedimientos de señalización, delimitación de áreas, atención de contingencias y supervisión ambiental, reduciendo la exposición de trabajadores, población e infraestructura a situaciones de riesgo. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E37	Mitigación al cambio climático.	El Proyecto incorporará diversas acciones orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero durante sus etapas de preparación y construcción, apoyándose del control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra, y la humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso y la prohibición estricta de quemas a cielo abierto. La compensación de los impactos derivados de la remoción de la cobertura vegetal se atenderá mediante la implementación de acciones de compensación dentro de sitios que requieran acciones de restauración activa. Además, se colocará una rearborización lineal en hileras (cortina vegetal sobre derecho de vía) para que el proyecto se mantenga en armonía con el paisaje de las áreas verdes. En su etapa operativa, el transporte ferroviario consolidará un sistema de movilidad colectiva eficiente que contribuirá de manera significativa a la reducción de la huella de carbono regional. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
E41	Conservación de suelos.	El Proyecto implementará las directrices correspondientes mediante acciones orientadas a prevenir la compactación, la pérdida por erosión y la contaminación del terreno. Para ello, se aplicarán de forma integral la **Medida P01** (*Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada*), la **Medida M02** (*Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal*), la **Medida M01** (*Retiro de material excedente y reconformación topográfica*) y la **Medida P02** (*Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*). Estas acciones preventivas y de mitigación se reforzarán mediante la aplicación de la **Medida C05** (*Acciones de Protección y Conservación de Suelos*). Además, para prevenir riesgos de alteración química por hidrocarburos o sustancias peligrosas, se aplicarán estrictamente la **Medida P03** (*Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo*), la **Medida P05** (*Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)*) y la **Medida M03** (*Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales*). El conjunto de estas acciones garantiza la preservación de la integridad física y química de los suelos en todas las áreas intervenidas. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P05.** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		MITIGACIÓN - **M01**. *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02**. *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M03** (*Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.* COMPENSACIÓN - **C04** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos.*
E42	Reducción de la erosión.	El Proyecto implementará las directrices correspondientes mediante acciones orientadas a prevenir la compactación, la pérdida por erosión y la contaminación del terreno. Para ello, se aplicarán de forma integral la **Medida P01** (*Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada*), la **Medida M02** (*Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal*), la **Medida M01** (*Retiro de material excedente y reconformación topográfica*) y la **Medida P02** (*Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*). Estas acciones preventivas y de mitigación se reforzarán mediante la aplicación de la **Medida C05** (*Acciones de Protección y Conservación de Suelos*). Además, para prevenir riesgos de alteración química por hidrocarburos o sustancias peligrosas, se aplicarán estrictamente la **Medida P03** (*Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo*), la **Medida P05** (*Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)*) y la **Medida M03** (*Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales*). El conjunto de estas acciones garantiza la preservación de la integridad física y química de los suelos en todas las áreas intervenidas. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P05.** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* MITIGACIÓN - **M01**. *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02**. *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M03** (*Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.* COMPENSACIÓN - **C04** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos.*
E43	Construcción de equipamiento de alto impacto social.	El Proyecto constituye infraestructura estratégica de transporte que puede generar beneficios sociales al mejorar la conectividad y movilidad regional. Las obras se desarrollarán conforme al Proyecto ejecutivo y a las autorizaciones aplicables, evitando atribuir al Proyecto funciones de equipamiento urbano que no formen parte de sus alcances. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E48	Consolidar acciones para el control de volúmenes de extracción y recarga de acuíferos.	Para dar cumplimiento a esta directriz, el Proyecto precisa que no contempla la extracción de agua subterránea como actividad sustantiva, ni constituye una atribución del promovente regular el aprovechamiento general de los cuerpos de agua. No obstante, para evitar presiones sobre el recurso hídrico, el suministro necesario durante la construcción se obtendrá de fuentes externas legalmente autorizadas, fomentando en todo momento su uso eficiente y garantizando que no se realicen extracciones directas que afecten los acuíferos. Para proteger las zonas de escurrimiento e infiltración (favoreciendo la recarga natural) y prevenir la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua, se realizará la construcción y mantenimiento de obras de drenaje transversal

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		(ODTs) y longitudinal (cunetas), así como el monitoreo de la calidad del agua antes durante y después de la ejecución del proyecto (AP). Además, se implementarán acciones del correcto manejo integral de los residuos, la ejecución de protocolos preventivos para el suministro y recarga de combustibles dentro de los frentes de trabajo, la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos (ATRP), y la ejecución de acciones inmediatas en caso de derrames accidentales. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* - **M03.** *Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.*
E60	Implementación de corredores biológicos que propicien la conectividad ecológica y preserven los servicios ecosistémicos.	Para propiciar la conectividad ecológica y preservar los servicios ecosistémicos se realizarán medidas enfocadas en la conservación de los ecosistemas, la permanencia de los servicios ambientales y la conectividad ecológica conforme a lo siguiente. El Proyecto contempla medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, orientadas a garantizar la conectividad de los ecosistemas, destacando la implementación, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles.

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		CUMPLIMIENTO: MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
E65	Fomentar el uso de tecnologías renovables y energías limpias.	En las etapas de construcción y operación se promoverá el uso eficiente de energía. La naturaleza del Proyecto fortalece el transporte ferroviario de pasajeros como alternativa de movilidad colectiva, favoreciendo un sistema de transporte regional más eficiente en el uso de energía por pasajero respecto de modalidades de transporte individual. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E66	Evaluar el potencial de fallamiento de superficie, para poder determinar las medidas de mitigación adecuadas. Evitar la construcción en zonas con presencia de fallas o potencial de fallamiento.	Para el diseño y construcción del Proyecto se consideraron las condiciones geológicas y geotécnicas del trazo, incluyendo la presencia o susceptibilidad a fallas y otros procesos que puedan comprometer la estabilidad de la infraestructura. En los sitios donde se identifiquen condiciones de riesgo se aplicarán las medidas de ingeniería, estabilización, monitoreo o ajuste constructivo que determinen los estudios técnicos correspondientes (anexo VI), con el fin de garantizar la seguridad de las obras y de la población. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E72	Consolidar la conectividad de las zonas habitacionales con centros de trabajo, equipamiento y servicios, privilegiando el transporte público, la movilidad no motorizada y la presencia de ciclovías.	El Proyecto guarda relación directa con esta estrategia al corresponder a infraestructura ferroviaria destinada al transporte de pasajeros, fortaleciendo la conectividad urbana y regional. Durante la construcción se mantendrán, en la medida de lo posible, los accesos y cruces existentes y se aplicarán medidas de señalización y seguridad para reducir afectaciones temporales a la movilidad. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E79	Diseñar opciones de conectividad a espacios públicos y escuelas: vías seguras, senderos peatonales, ciclovías, ampliación de banquetas.	El Proyecto contribuirá a fortalecer la conectividad y movilidad urbana mediante la infraestructura ferroviaria de pasajeros. En los cruces con vialidades, senderos, banquetas, ciclovías y accesos a equipamientos se considerará la continuidad y seguridad de los usuarios, incorporando señalización, dispositivos de protección y soluciones de cruce conforme al Proyecto ejecutivo y la normativa aplicable. Durante la construcción se implementarán medidas temporales para mantener accesos seguros y minimizar interferencias con la movilidad peatonal y vehicular. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
E80	Rediseñar el modelo de transporte público hacia un sistema de corredores estructurantes de extensión regional – metropolitana.	El Proyecto es congruente con esta estrategia al incorporar el transporte ferroviario de pasajeros como un corredor estructurante de movilidad de alcance regional e interurbano. Su operación permitirá ampliar y diversificar las alternativas de transporte y fortalecer la conexión entre los centros urbanos atendidos. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



II.3.4 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020 (PMDUOET)*

Fecha de expedición: 23 de julio de 2020.
Fuente de consulta: IMPLAN León / Plataforma de Información Estadística y Geográfica del Municipio de León. https://www.implan.gob.mx y https://plataformaleon.gob.mx

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020 fue publicado en el Periódico Oficial del Estado de Guanajuato el 07 de septiembre de 2020, el cual contiene un diagnóstico actualizado del territorio municipal y de la zona urbana, en el que se establece la ocupación y consolidación de la ciudad de León, así como la protección y conservación de los recursos naturales y el adecuado desarrollo de las actividades sociales y económicas en el territorio municipal. El PMDUOET de León contiene las UGAT en donde se considera la aptitud principal, las políticas de ordenamiento ecológicas y territoriales, el objetivo general, los criterios de ordenamiento ambiental y territorial para el municipio.

Se determinaron 43 UGAT para el territorio municipal de las cuales el Proyecto se encuentra en **12 UGAT** (12, 20, 21, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37 y 42).

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 2.56 % se ubica dentro de la UGAT 30, seguido de un 2.06 % dentro de la UGAT 42, después en un 1.20 % dentro de la UGAT 33, y en un 1.19 % dentro de la UGAT 29. En tanto, el resto de UGATs presentó incidencias menores al 1.05 %, mientras que el 90.66 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.63. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de León. Elaboración propia.

UGAT	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
12	24,606	0.25
20	4,877	0.05
21	3,783	0.04
29	117,317	1.19
30	252,200	2.56
31	43644.05054	0.44
32	4732.117552	0.05
33	117671.3279	1.20
34	13269.96889	0.13
36	98879.69634	1.01
37	35,081	0.36
42	202,362	2.06
Sin incidencia	8,916,049	90.66
Total	**9,834,472**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA

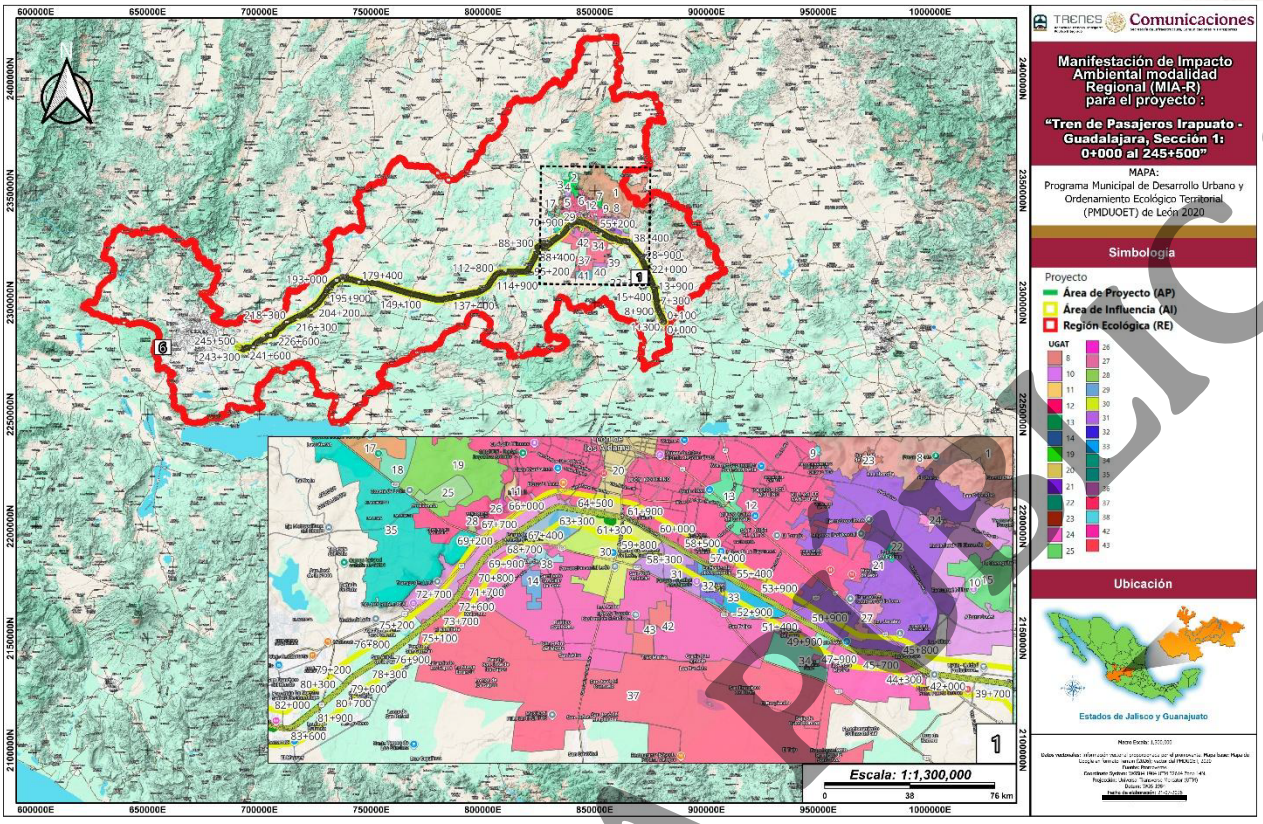


Figura II.4. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUOET León. Elaboración propia.

A continuación, se presentan las fichas técnicas de las descripciones de las UGAT en las que incide el Proyecto:

Tabla II.64. Descripción de la UGAT 12 Urbana. Elaboración propia.

UGAT 12. Urbana				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable	**Política territorial:** Consolidación, densificación	**Superficie en ha:** 21,342.49 ha	**Población:** 1,244,290 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 18%	Bajo: 14%	ZCH: 69%
Lineamiento PMDUOET:	Consolidar el desarrollo urbano, evitando la expansión urbana y la degradación de zonas de valor natural con servicios ecosistémicos, para el aprovechamiento sustentable de 135 hectáreas de matorral crasicaule, 453.5 hectáreas de matorral subtropical y 123 hectáreas de pastizal natural y generar una inclusión al derecho de la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.			
Criterios de Ordenamiento Municipal				
Ambientales • Se sujetará a los lineamientos y estrategias que establece para las zonas de recarga 2 (ZR2), de acuerdo a lo que establezca la autoridad competente. • Respetar la hidrología superficial, como presas, ríos, arroyos y zonas de inundación, para recarga de manto freático. • Respetar las condiciones naturales de los arroyos que atraviesan la zona urbana e integrarlos al sistema de parques lineales y cumplir con los lineamientos establecidos en el plan maestro. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones.		**Territoriales:** • Consolidar la zona, de acuerdo con lo que establece Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el municipio de León, Guanajuato y la normativa vigente. • Se promoverán los usos mixtos del suelo y la mixtura social que disminuya los desplazamientos y favorezca la cohesión social a las normas aplicables. • Para los predios que de acuerdo con el Plano de Zonificación de Usos y Destinos del municipio de León se encuentren en Uso forestal de conservación (F4), la Dirección General de Desarrollo Urbano determinará el porcentaje que podrá considerar como área verde, ello de acuerdo con las características del desarrollo y al Proyecto de diseño urbano que presente el desarrollador. • Los predios baldíos o subutilizados deberán ser aprovechados para la densificación urbana.		

CONSULTA PÚBLICA



UGAT 12. Urbana	
• Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable. • Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • Se deberán conservar y fomentar la reforestación de las cañadas y cauces dentro de la UGAT. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables. • Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia. • Elaborar los estudios necesarios para caracterizar la contaminación, evaluar los riesgos ambientales y determinar las acciones de remediación necesarias para restablecer el equilibrio ecológico y garantizar la protección de la salud humana y los recursos naturales. • Con el cumplimiento de las acciones se pretende iniciar la recuperación o restablecimiento de las condiciones del suelo de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista en este programa o el que emita la autoridad competente. • No se permitirán los asentamientos humanos en zonas de laderas mayores de 25°; se restringe la construcción de edificaciones por presentar una vulnerabilidad de riesgo geológico e hidrometeorológico. • Los terrenos localizados al hombro o al pie de una ladera, se deberá verificar la susceptibilidad a deslizamiento mediante inspección geológica y pruebas geotécnicas. • Promover la reubicación de población asentada en zonas de riesgo con la finalidad de conservar y preservar las áreas laderas, márgenes de ríos y arroyos, para evitar cualquier riesgo que ponga en peligro a la población. • Evitar asentamientos humanos ubicados en zonas que tengan posibilidad o peligro de deslizamientos del suelo o sobre las viviendas. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales. • Para realizar aprovechamiento sustentable de los bancos de materiales, se deberá dar cumplimiento a lo que establece la norma técnica ambiental NTA-IEE-002/2007 lineamientos y especificaciones para la selección, operación, seguimiento, abandono, obras complementarias y medidas de regeneración ambiental de un sitio de extracción o explotación de materiales pétreos o las que establezca la autoridad competente. • La autorización o incremento de las cuotas de explotación de materiales sólo podrá otorgarse si se presenta una Manifestación de Impacto Ambiental. En caso de ser favorable, el resolutivo correspondiente deberá condicionarse a que el promovente otorgue una garantía al fondo ambiental municipal que cubra los costos de restauración de la UGAT. • Los predios sujetos a extracción de materiales pétreos para construcción contarán con programa de seguimiento de las medidas de mitigación ambiental definidas en el resolutivo de las manifestaciones de impacto ambiental avalado por la autoridad competente.	• Mejorar los espacios públicos urbanos que presenten deterioro, abandono o condiciones de inseguridad. • Las construcciones y edificaciones en la zona se sujetarán a los criterios establecidos para las áreas de valor escénico. • Fomentar el mejoramiento de la imagen urbana. • Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo con lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables y normatividad aplicable. • La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las autoridades competentes. • Promover medidas, acciones, Proyectos y obras para mejorar las condiciones de los polígonos de pobreza. • Ampliar la cobertura del equipamiento urbano. • Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal. • Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada. • Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público. • Se deberá respetar los sitios arqueológicos, de acuerdo con lo establecido por el INAH. • Se deberá de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo con lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • Respetar los derechos de vías y las normas aplicables para el sistema de movilidad. • Consolidar el Sistema vial secundario.
Actividades compatibles: Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Minería no metálica de alta disponibilidad.	
Criterios: Tur01, Ahu10, Ahu13, Ahu22, Ahu27, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm19, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ift20.	

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 12. Urbana
Estrategias: EAm01, EAm02, EAm13, EAm14, EAm15, EAm16, EAm17, EAm18, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt03, EFt04, EFt05, EFt06, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EUr19, EFt20, EFt21, EFt22, EEc11, EEc12, EEc13, EEc15, ESo01, ESo02, ESo03, ESo06, ESo07, ESo08.

Tabla II.65. Descripción de la UGAT 20 Patrimonio Cultural. Elaboración propia.

UGAT 20. Patrimonio Cultural				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable	**Política territorial:** Conservación	**Superficie en ha:** 912.12ha	**Población:** 83,767 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 0%	Bajo: 0%	ZCH: 100%
Lineamiento PMDUOET:	Consolidar el desarrollo urbano, evitando el deterioro de zonas con valor cultural, generar una inclusión al derecho de la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.			

Criterios de Ordenamiento Municipal	
Ambientales: • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente, en su caso lo que determine la autoridad competente. • Evitar la modificación u obstrucción de corrientes de agua superficiales. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona de la UGAT. • Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables. • La UGAT presenta pasivos ambientales generados por la actividad industrial, se deberán realizar estudios técnicos para determinar el riesgo, tipo y extensión de la contaminación con la finalidad de crear y aplicar las medidas de remediación. • Elaborar los estudios necesarios para caracterizar la contaminación, evaluar los riesgos ambientales y determinar las acciones de remediación necesarias para restablecer el equilibrio ecológico y garantizar la protección de la salud humana y los recursos naturales. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales.	**Territoriales:** • Se sujetará a lo que establezca la normatividad vigente, el programa de manejo del centro histórico y los programas de regeneración de los barrios. • Se deberá promover la conservación del patrimonio histórico cultural de la UGAT. • Realizar los programas de regeneración de los barrios históricos. • Implementar programas y acciones para atraer nuevos residentes al área. • Se deberá fomentar el rescate de la imagen urbana. • Las construcciones y edificaciones dentro y en las zonas colindantes deberán de incluir los criterios establecidos para las áreas de valor escénico. • Mejorar los espacios públicos urbanos que presenten deterioro, abandono o condiciones de inseguridad. • Implementar lo establecido en el plan maestro de la ruta del peatón. • Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal. • Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada. • Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Restaurar y aprovechar los predios que fueron utilizados por la industria.
Actividades compatibles: Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Industria ligera, Industria mediana.	
Criterios: Tal05, Tal08, Tal14, Tur07, Ahu05, Ahu10, Ahu13, Ifp03, Inl01, Inl02, Inl06, Inl16, Inl17, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ift20.	
Estrategias: EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt03, EFt04, EFt05, EFt06, EFt08, EFt10, EFt11, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EUr19, EFt22, ESo01, ESo08, EEc12, EEc13.	

Tabla II.66. Descripción de la UGAT 2 Urbana. Elaboración propia.

UGAT 21. Urbana				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable	**Política territorial:** Crecimiento	**Superficie en ha:** 5,275.12ha	**Población:** 11,407 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 21%	Bajo: 68%	ZCH: 11%
Lineamiento PMDUOET:	Consolidar el desarrollo urbano, evitando la expansión urbana y la degradación de zonas de valor natural con servicios ecosistémicos, para el aprovechamiento sustentable de 48 hectáreas de matorral subtropical y generar una inclusión al derecho de la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.			

Criterios de Ordenamiento Municipal	
Ambientales: • Se sujetará a los lineamientos y estrategias que establece la autoridad competente para las zonas de recarga 2 (ZR2), que son aquellas que representan zonas de recarga con potencialidad moderada, en donde los materiales tienen permeabilidad de media alta, ya sea en medio fracturado, poroso, y/combinado. • Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.	**Territoriales:** • Consolidar la zona, de acuerdo a lo que establece el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León, Guanajuato y la normatividad aplicable. • Se deberá favorecer la vivienda vertical con espacios verdes sobre los diseños horizontales. • Se promoverán los usos mixtos del suelo y la mixtura social que disminuya los desplazamientos y favorezca la cohesión social a las normas aplicables.

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 21. Urbana	
• Proteger los espacios forestales o boscosos colindantes a la zona federal y de influencia de nacimientos, corrientes, cursos y cuerpos de agua, a la faja de terreno inmediata a los cuerpos de propiedad particular, en la extensión que en cada caso fije la autoridad, de acuerdo con el reglamento de la Ley Forestal. • Respetar la hidrología superficial como presas, ríos, arroyos y zonas de inundación, para recarga de manto freático. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona de la UGAT. • Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable. • Se deberán conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • Incentivar a aquellos desarrollos o inmuebles que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso equilibrado. • Respetar el sistema de parques lineales y cumplir con los lineamientos establecidos en el plan maestro. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables. • Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia. • Promover la reubicación de la población asentada en zonas de riesgo con la finalidad de conservar y preservar los márgenes de ríos y arroyos, para evitar cualquier riesgo que ponga en peligro a la población. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales.	• Se deberá de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal. • Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada. • Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público. • En nuevos desarrollos la infraestructura necesaria en la zona deberá ser garantizada por el desarrollador. • La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las dependencias. • Conservar y proteger el patrimonio cultural tangible e intangible en la zona. • Se deberá respetar los sitios arqueológicos, de acuerdo a lo establecido por el INAH. • Respetar los derechos de vías y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal. • Consolidar el Sistema vial secundario. • Para realizar el aprovechamiento sustentable de los bancos de materiales, se deberá dar cumplimiento a lo que establece la norma técnica ambiental NTA-IEE-002/2007 lineamientos y especificaciones para la selección, operación, seguimiento, abandono, obras complementarias y medidas de regeneración ambiental de un sitio de extracción o explotación de materiales pétreos o las que establezca la autoridad competente. • La autorización o incremento de las cuotas de explotación de materiales sólo podrá otorgarse si se presenta una MIA-R. En caso de ser favorable, el resolutivo correspondiente deberá condicionarse a que el promovente otorgue una garantía al fondo ambiental municipal que cubra los costos de restauración de la UGAT. • Los predios sujetos a extracción de materiales pétreos para construcción contarán con programa de seguimiento de las medidas de mitigación ambiental definidas en el resolutivo de las manifestaciones de impacto ambiental avalado por la autoridad competente.
Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Minería no metálica de alta disponibilidad.	
Criterios: Tal01, Tal05, Tal06, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal14, Tur01, Tur03, Tur05, Tur07, Tur08, Ahr01, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr15, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu13, Ahu19, Ahu27, Ifl01, Ifl20, Ifl13, Ifl23, Inl01, Inl02, Inl03, Inl06, Inl15, Inl16, Inl17, Inp17, Inm07, Inm08, Inm09, Inm14, Inm15, Inm16, Inm19, Mna01, Mna03, Mna04, Sol01, Sol02, Sol04, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ifl20.	
Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt01, EFt02, EFt03, EFt04, EFt08, EFt09, EFt10, EFt11, EFt12, EFt13, EFt14, EFt15, EFt16, EFt17, EFt18, EFt20, EFt21, EFt22, ESo01, ESo02, ESo03, ESo07, ESo08, EEc11, EEc12, EEc15, EEc16, EEc20.	

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.67. Descripción de la UGAT 29 Restauración de Cuerpos de Agua y Ecosistemas Acuáticos. Elaboración propia.

UGAT 29. Restauración de cuerpos de agua y ecosistemas acuáticos				
Política ecológica: Restauración	**Política territorial:** Mejoramiento	**Superficie en ha:** 389.51ha	**Población:** 5 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 1%	Medio: 0%	Bajo: 64%	ZCH: 34%
Lineamiento PMDUOET:	Promover programas y Proyectos encaminados a recuperar o minimizar las afectaciones derivadas de actividades antropogénicas o de cambio climático.			
Criterios de Ordenamiento Municipal				
Ambientales: • LA UGAT presenta principalmente pasivos ambientales: río Turbio y Presa Mastranzo (Blanca), derivados de las actividades industriales realizadas en la zona. • Elaborar los estudios necesarios para caracterizar la contaminación, evaluar los riesgos ambientales, tipo y extensión de la contaminación y determinar las acciones de remediación necesarias para reestablecer el equilibrio ecológico y garantizar la protección de la salud humana y los recursos naturales. • Con el cumplimiento de las acciones se pretende iniciar la recuperación o restablecimiento de las condiciones del suelo y cuerpo de agua de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista en este programa o el que emita la autoridad competente. • En las zonas con pasivos ambientales deberán realizar estudios técnicos para determinar el riesgo, tipo y extensión de la contaminación con la finalidad de generar y aplicar las medidas de remediación. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar la zona del pasivo ambiental. • Promover técnicas de manejo para la restauración, conservación y reforestación del suelo y de las corrientes de agua superficiales que conforman la UGAT. • Generar acciones encaminadas para rehabilitar superficies en donde se ha alterado de manera significativa la vegetación y la productividad del suelo. • Se limitará la agricultura en cualquiera de sus modalidades. • Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable en el riego. • Una vez restaurados se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos.		**Territoriales:** • De acuerdo a lo establecido en el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el municipio de León. • Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las dependencias. • La infraestructura necesaria en la zona deberá ser garantizada por el desarrollador.		
Actividades compatibles: Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada.				
Criterios: Inl01, Inl02, Inl06, Inl11, Inl15, Inl16, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inm14, Inm15, Inm16, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp12, Inp15.				
Estrategias: EAm03, EAm14, EAm15, EAm18, EAm19, EAm20.				

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.68. Descripción de la UGAT 30 Industrial. Elaboración propia.

UGAT 30. Industrial				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Consolidación	**Superficie en ha:** 1,420.29ha	**Población:** 394 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 5%	Medio: 0%	Bajo: 93%	ZCH: 2%
Lineamiento PMDUOET:	Promover el desarrollo industrial sostenible, fomentando una economía sana y empleos de calidad, impulsando la productividad con paquetes tecnológicos de vanguardia.			

Criterios de Ordenamiento Municipal

Ambientales:

• Zona de recarga 1 (ZR1) representan áreas con la mayor potencialidad para permitir la recarga de los sistemas acuíferos; incluye a los materiales con mayor permeabilidad, constituidos por materiales fracturados, porosos o por la combinación de ambos, se sujetará a los lineamientos y estrategias que establezca la autoridad competente.
• Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.
• Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
• Respetar la hidrología superficial como presas, ríos, arroyos y zonas de inundación, para recarga de manto freático.
• Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente.
• Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona.
• Promover el uso de agua tratada en la industria y disminuir el uso de agua potable en los procesos productivos.
• Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable en el riego.
• Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT.
• Incentivar a las industrias que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso equilibrado.
• En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones.
• Respetar las condiciones naturales de los arroyos que atraviesan la UGAT e integrarlos al sistema de parques lineales y cumplir con los lineamientos establecidos en el plan maestro.
• Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal.
• Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables.
• Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos.
• Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia.
• Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales.

Territoriales:

• Consolidar la zona, de acuerdo a lo que establece el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León, Guanajuato y la normatividad aplicable.
• Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.
• La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las autoridades competentes.
• La infraestructura necesaria en la zona deberá ser garantizada por el desarrollador.
• Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal.
• Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada.
• Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona.
• Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad.
• Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público.
• Se deberá fomentar el mejoramiento de la imagen urbana.
• Fomentar Proyectos productivos y de vinculación comunitaria con el fin de generar empleos en la zona colindante.

Actividades compatibles: Agroindustria, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de alta disponibilidad.

Criterios: Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl11, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inp13, Inm19, Inp01, Inp02, Inp03, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp12, Inp13, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ift20.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT 30. Industrial
Estratégias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm18, EAm19, EAm20, ESo03, EEc15, EEc16.

Tabla II.69. Descripción de la UGAT 31 Industrial. Elaboración propia.

UGAT 31. Industrial				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Consolidación	**Superficie en ha:** 507.44ha	**Población:** 555 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 0%	Bajo: 100%	ZCH: 0%
Lineamiento PMDUOET:	Promover el desarrollo industrial sostenible, fomentando una economía sana y empleos de calidad, impulsando la productividad con paquetes tecnológicos de vanguardia.			

Criterios de Ordenamiento Municipal

Ambientales:

• Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.
• Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
• Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente.
• Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona.
• Promover el uso de agua tratada en la industria y disminuir el uso de agua potable en los procesos productivos.
• Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable en el riego.
• Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT.
• Incentivar a las industrias que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso equilibrado.
• En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones.
• Respetar las condiciones naturales de los arroyos que atraviesan la UGAT e integrarlos al sistema de parques lineales y cumplir con los lineamientos establecidos en el plan maestro.
• Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal.
• Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables.
• Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos.
• Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia.
• Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales.

Territoriales:

• La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las dependencias.
• Se deberá de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.
• La infraestructura necesaria en la zona deberá ser garantizada por el desarrollador.
• Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal.
• Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada.
• Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona.
• Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad.
• Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público.
• Consolidar la zona, de acuerdo a lo que establece el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León, Guanajuato y la normatividad aplicable.
• Fomentar Proyectos productivos y de vinculación comunitaria con el fin de generar empleos en la zona colindante.

Actividades compatibles: Agroindustria, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de alta disponibilidad.

Criterios: Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl11, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inm19, Inl16, Inl17, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ifl20.

Estrategias: EAm01, EAm02, EAm15, EAm16, EAm17, EAm18, EAm19, EAm20, EEc15, EEc16.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.70. Descripción de la UGAT 32 Asentamientos Humanos. Elaboración propia.

UGAT 32. Asentamientos humanos				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Mejoramiento	**Superficie en ha:** 154.28ha	**Población:** 5,122 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 0%	Bajo: 14%	ZCH: 86%
Lineamiento PMDUOET:	Garantizar el desarrollo urbano-rural de los asentamientos humanos fortaleciendo los servicios para la población de la localidad y la que depende de ella por la cercanía.			
Criterios de Ordenamiento Municipal				
Ambientales: • Promover la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales municipales, así como la ordenación y el manejo forestal en zonas donde aplique. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones. • Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables. • Generar acciones encaminadas para rehabilitar superficies en donde se ha alterado de manera significativa la vegetación forestal y la productividad del suelo. • Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente. • Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales.		**Territoriales:** • Se deberá de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente de acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • Los espacios públicos urbanos que presenten deterioro, abandono o condiciones de inseguridad. • Promover medidas, acciones, Proyectos y obras para mejorar las condiciones del polígono de pobreza. (desarrollo). • Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal. • Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada. • Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público. • El crecimiento de las comunidades rurales evitará las zonas de riesgo propensas a riesgos geológicos e hidrometeorológicos. • Mejorar las plazas comunitarias y espacios públicos de la comunidad. • Evitar desalojo de aguas residuales en cauces y cuerpos de agua.		
Actividades compatibles: Agroindustria, Asentamientos humanos rurales, Asentamientos humanos urbanos, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía solar, Industria ligera.				
Criterios: Agi09, Agi10, Ahr04, Ahr06, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahu01, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu15, Ahu16, Inl01, Inl02, Inl06, Inl16, Inl17, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ifl20.				
Estratégias: EAm02, EAm15, EAm17, EAm19.				

Tabla II.71. Descripción de la UGAT 33 Industrial. Elaboración propia.

UGAT 33. Industrial				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Consolidación	**Superficie en ha:** 492.27ha	**Población:** 79 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 0%	Bajo: 99%	ZCH: 1%
Lineamiento PMDUOET:	Promover el desarrollo industrial sostenible, fomentando una economía sana y empleos de calidad, impulsando la productividad con paquetes tecnológicos de vanguardia.			
Criterios de Ordenamiento Municipal				
Ambientales: • Promover la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales municipales, así como la ordenación y el manejo forestal en zonas donde aplique. • Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.		**Territoriales:** • La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las dependencias. • Se deberá de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.		

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 33. Industrial	
• Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • Promover el uso de agua tratada en la industria y disminuir el uso de agua potable en los procesos productivos. • Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable en el riego. • Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • Incentivar a las industrias que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso equilibrado. • En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones. • Respetar las condiciones naturales de los arroyos que atraviesan la UGAT e integrarlos al sistema de parques lineales y cumplir con los lineamientos establecidos en el plan maestro. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos. • Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales.	• La infraestructura necesaria en la zona deberá ser garantizada por el desarrollador. • Respetar los derechos de vía y las normas aplicables para el sistema de movilidad intermunicipal. • Consolidar el sistema del transporte público y la movilidad no motorizada. • Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable de la zona. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Consolidar la zona, de acuerdo a lo que establece el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León, Guanajuato y la normatividad aplicable. • Fomentar Proyectos productivos y de vinculación comunitaria con el fin de generar empleos en la zona colindante. • Establecer las acciones a realizar por los tres niveles de gobierno para garantizar que las obras de la autopista León-Salamanca no provoquen problemas de encharcamiento o inundamiento de la zona.
Actividades compatibles: Agroindustria, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de alta disponibilidad.	
Criterios: Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl11, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inm19, Ifl07, Ifl08, Ifl10, Ifl20.	
Estratégias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EEc15, EEc16.	

Tabla II.72. Descripción de la UGAT 34 Industrial. Elaboración propia.

UGAT 34. Industrial				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Consolidación	**Superficie en ha:** 499 ha	**Población:** 180 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 0%	Medio: 0%	Bajo: 100%	ZCH: 0%
Lineamiento PMDUOET:	Promover el desarrollo industrial sostenible, fomentando una economía sana y empleos de calidad, impulsando la productividad con paquetes tecnológicos de vanguardia.			

Criterios de Ordenamiento Municipal	
Ambientales: • Promover la protección, conservación restauración de los ecosistemas Y recursos forestales municipales, así como la ordenación y el manejo forestal en zonas donde aplique. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • Promover el uso de agua tratada en la industria y disminuir el uso de agua potable en los procesos productivos.	**Territoriales:** • Consolidar la zona, de acuerdo a lo que establece el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León, Guanajuato y la normatividad aplicable. •Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público. •Fomentar Proyectos productivos y de vinculación comunitaria con el fin de generar empleos en la zona colindante. •Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables.

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 34. Industrial	
• Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable en el riego. • Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos. • Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia.	
Actividades compatibles: Agroindustria, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada.	
Criterios: Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl11, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inm19, Inp02, Inp03, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp12, Inp15.	
Estrategias: EAm02, EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt12, ESo03, EEc07, EEc08, EEc15, EEc16.	

Tabla II.73. Descripción de la UGAT 36 Industrial. Elaboración propia.

UGAT 36. Industrial				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Consolidación	**Superficie en ha:** 1,194.70ha	**Población:** 2,597 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 10%	Medio: 52%	Bajo: 3%	ZCH: 35%
Lineamiento PMDUOET:	Promover el desarrollo industrial sostenible, fomentando una economía sana y empleos de calidad, impulsando la productividad con paquetes tecnológicos de vanguardia.			
Criterios de Ordenamiento Municipal				
Ambientales: • Zona de recarga 1 (ZR1) representan áreas con la mayor potencialidad para permitir la recarga de los sistemas acuíferos; incluye a los materiales con mayor permeabilidad, constituidos por materiales fracturados, porosos o por la combinación de ambos, se sujetará a los lineamientos y estrategias que establezca la autoridad competente. • Promover la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales municipales, así como la ordenación y el manejo forestal en zonas donde aplique. • Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables. • Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. • Respetar la hidrología superficial como presas, ríos, arroyos y zonas de inundación, para recarga de manto freático. • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente. • Se deberá reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • Promover el uso de agua tratada en la industria y disminuir el uso de agua potable en los procesos productivos. • Fomentar el uso de agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el uso de agua potable en el riego. • Se deberán de conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • Incentivar a las industrias que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso		**Territoriales:** • Consolidar la zona, de acuerdo a lo que establece el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León, Guanajuato y la normatividad aplicable. • Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • La dotación y construcción de infraestructura deberá respetar los lineamientos urbanos que determinen las autoridades competentes. • La infraestructura necesaria en la zona deberá ser garantizada por el desarrollador. • Se deberá de realizar el sistema de movilidad sustentable en la zona. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Se deberá fomentar el mejoramiento de la imagen urbana. • Fomentar Proyectos productivos y de vinculación comunitaria con el fin de generar empleos en la zona colindante.		

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 36. Industrial	
equilibrado.• En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones. • Respetar las condiciones naturales de los arroyos que atraviesan la UGAT e integrarlos al sistema de parques lineales y cumplir con los lineamientos establecidos en el plan maestro. • Fomentar la reforestación de las áreas verdes con especies nativas de la región en base al catálogo de plantas silvestres en el paisaje urbano y aplicar los criterios establecidos en la paleta vegetal. • Mejorar e incrementar la superficie de áreas verdes para cumplir con los estándares que establecen las normas y reglamentos aplicables. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos, escurrimientos, y predios baldíos. • Vigilar que las industrias cuenten con programas de manejo de residuos sólidos conforme a la legislación y reglamento en la materia. • No se permitirán los asentamientos humanos en zonas de laderas, se restringe la construcción de edificaciones por presentar una vulnerabilidad de riesgo geológico e hidrometeorológico. • Los terrenos localizados al hombro o al pie de una ladera, se deberá verificar la susceptibilidad a deslizarse mediante inspección geológica y pruebas geotécnicas. • Promover la reubicación de la población asentada en zonas de riesgo con la finalidad de conservar y preservar las áreas laderas, márgenes de ríos y arroyos, para evitar cualquier riesgo que ponga en peligro a la población. • Los que tengan posibilidad o peligro de deslizamientos del suelo o sobre las viviendas. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales. • La UGAT presenta como pasivo ambiental el río Turbio, derivado de las actividades industriales. • Elaborar los estudios necesarios para caracterizar la contaminación, evaluar los riesgos ambientales, tipo y extensión de la contaminación y determinar las acciones de remediación necesarias para restablecer el equilibrio ecológico y garantizar la protección de la salud humana y los recursos naturales. • Con el cumplimiento de las acciones se pretende iniciar la recuperación o restablecimiento de las condiciones del suelo y cauce de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista en este programa o el que emita la autoridad competente.	
Actividades compatibles: Agroindustria, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada, Minería no metálica de alta disponibilidad.	
Criterios: Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl11, Inl14, Inl15, Inl16, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inm14, Inm15, Inm16, Inm19, Inp02, Inp03, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp12, Inp13, Inp15, Mna07.	
Estrategias: EAm02, EAm15, EAm16, EAm17, EAm18, EAm19, EAm20, EEc15, EEc16.	

Tabla II.74. Descripción de la UGAT 37 Agricultura de Temporal, Agricultura de Riego y Agropecuario. Elaboración propia.

UGAT 37. Agricultura de temporal, agricultura de riego y agropecuario				
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable.	**Política territorial:** Mejoramiento	**Superficie en ha:** 19,272.22 ha	**Población:** 24,379 hab.	
Potencial de recarga:	Alto: 3%	Medio: 3%	Bajo: 93%	ZCH: 1%
Lineamiento PMDUOET:	Promover actividades de agricultura de riego y de temporal a través de sistemas de irrigación tecnificados que ahorren agua, reduciendo la cantidad de agroquímicos y la compactación de los suelos con las maquinarias agrícolas.			
Criterios de Ordenamiento Municipal				
Ambientales:		**Territoriales:**		

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 37. Agricultura de temporal, agricultura de riego y agropecuario	
• Zona de recarga 1 (ZR1) representan áreas con la mayor potencialidad para permitir la recarga de los sistemas acuíferos; incluye a los materiales con mayor permeabilidad, constituidos por materiales fracturados, porosos o por la combinación de ambos, se sujetará a los lineamientos y estrategias que establezca la autoridad competente. • Se sujetará a los lineamientos y estrategias que establece la autoridad competente, para las zonas de recarga 2 (ZR2), que son aquellas que representan zonas de recarga con potencialidad moderada, en donde los materiales tienen permeabilidad de media alta, ya sea en medio fracturado, poroso, y/combinado, se sujetará a los lineamientos y estrategias que establezca la autoridad competente. • Promover la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales municipales, así como la ordenación y el manejo forestal en zonas donde aplique. • Promover y desarrollar recursos forestales en terrenos preferentemente forestales o con uso agrícola o pecuario, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas y brindar servicios ambientales. • Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables. • Proteger las superficies con vegetación que por sus características físicas y biológicas no pongan en riesgo el suelo, la calidad del agua y la biodiversidad. • Generar acciones encaminadas para rehabilitar superficies en donde se ha alterado de manera significativa la productividad del suelo. • Proteger los espacios forestales o boscosos colindantes a la zona federal y de influencia de nacimientos, corrientes, cursos y cuerpos de agua, o la faja de terreno inmediata a los cuerpos de propiedad particular, en la extensión que en cada caso fije la autoridad, de acuerdo con el reglamento de la Ley Forestal. • Incentivar programas agrícolas que deriven en el pago por servicios ambientales a través del fondo ambiental municipal. • La construcción de infraestructura deberá compensar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje. • Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. • Respetar la hidrología superficial como presas, ríos, arroyos y zonas de inundación, para recarga de manto freático. • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente. • Deben evitarse los sitios ubicados en áreas reservadas para recargas de acuíferos y regulación de los escurrimientos en los ríos. • Reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • Fomentar el uso de agua tratada para el riego agrícola. • Realizar un uso adecuado del agua para disminuir la evaporación y perdida de este recurso. Deberá utilizarse un sistema de irrigación y no de rodamiento. • Conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT.	• El desarrollo de la UGAT deberá seguir los criterios establecidos en el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León. • Respetar lo establecido en el polígono de protección y amortiguamiento de la infraestructura de carácter estratégico y de seguridad nacional (CERESO). • Se deberá dar un estricto seguimiento a la normatividad federal, estatal y municipal en materia ambiental y urbana. • No se podrá realizar ninguna edificación en la zona marcada como inundable, por la autoridad competente en la materia. • Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • Mejorar las plazas comunitarias y espacios públicos de las comunidades. • Evitar desalojo de aguas residuales en cauces y cuerpos de agua. • Se deberá promover la conservación del patrimonio histórico cultural de la UGAT. • Se deberán conservar las zonas y edificaciones consideradas como patrimonio cultural. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público. • Los usos de suelo serán de acuerdo a lo que establece el POTE.

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 37. Agricultura de temporal, agricultura de riego y agropecuario	
• En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones. • Promover la rotación de cultivos dentro de la UGAT. • Realizar campañas de prevención periódicas de quemas de esquilmos. • Incentivar prácticas de manejo integral de carácter agrícola. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos y escurrimientos. • Vigilar el cumplimiento de la legislación ambiental de la UGAT respetando las atribuciones federales, estatales y municipales al respecto. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales. • Incentivar a aquellas industrias que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso equilibrado.	
Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agricultura de humedad, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Minería no metálica de alta disponibilidad.	
Criterios: Agt06, Agt07, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt18, Agr01, Agr04, Agr08, Agr10, Agr11, Agh01, Agh03, Agh04, Agh05, Agi02, Agi04, Agi06, Agi08, Agi09, Agi10, Gex09, Gin01, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Ahr01, Ahr02, Ahr04, Ahr06, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifl12, Ifl13, Ifl17, Ifl18, Ifl21, Inl01, Inp16, Mna01, Mna03, Mna04, Mna07, Mna08, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04.	
Estrategias: EAm01, EAm02, EAm03, EAm04, EAm05, EAm13, EAm15, EAm19, EAm20, ESo03, EEc01, EEc04, EEc06, EEc07, EEc08, EEc09.	

Tabla II.75. Descripción de la UGAT 42 Agricultura de Temporal/ Agricultura de Riego. Elaboración propia.

UGAT 42. Agricultura de temporal/Agricultura de riego					
Política ecológica: Aprovechamiento Sustentable (Agrícola).		**Política territorial:** Mejoramiento.	**Superficie en ha:** 6,722.36ha	**Población:** 20,795 hab.	
Potencial de recarga:		Alto: 16%	Medio: 11%	Bajo: 72%	ZCH: 1%
Lineamiento PMDUOET:	Promover actividades de agricultura de riego y de temporal a través de sistemas de irrigación tecnificados que ahorren agua, reduciendo la cantidad de agroquímicos y la compactación de los suelos con las maquinarias agrícolas.				
Criterios de Ordenamiento Municipal					
Ambientales: • Zona de recarga 1 (ZR1) representan áreas con la mayor potencialidad para permitir la recarga de los sistemas acuíferos; incluye a los materiales con mayor permeabilidad, constituidos por materiales fracturados, porosos o por la combinación de ambos, se sujetará a los lineamientos y criterios que establezca la autoridad competente. • Promover la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales municipales, así como la ordenación y el manejo forestal en zonas donde aplique. • Promover y desarrollar recursos forestales en terrenos con uso agrícola o pecuario, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas y brindar servicios ambientales. • Proteger las franjas de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables. • Proteger las superficies con vegetación que por sus características físicas y biológicas no pongan en riesgo el suelo, la calidad del agua y la biodiversidad. • Generar acciones encaminadas para rehabilitar superficies en donde se ha alterado de manera significativa la vegetación y la productividad del suelo. • Proteger los espacios forestales o boscosos colindantes a la zona federal y de influencia de nacimientos, corrientes, cursos y cuerpos de agua, o la faja de terreno			**Territoriales:** • El desarrollo de la UGAT deberá seguir los criterios establecidos en el Código Reglamentario de Desarrollo Urbano para el Municipio de León. • Se deberá dar un estricto seguimiento a la normatividad federal, estatal y municipal en materia ambiental. • No se podrá realizar ninguna edificación en la zona marcada como inundable, por la autoridad competente en la materia. • Se deberán de respetar los derechos de vía y las zonas de salvaguarda de la infraestructura existente. De acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables. • Mejorar las plazas comunitarias y espacios públicos de las comunidades. • Evitar desalojo de aguas residuales en cauces y cuerpos de agua. • Se deberá promover la conservación del patrimonio histórico cultural de la UGAT. • Se deberá conservar las zonas y edificaciones consideradas como patrimonio cultural. • Se deberá consolidar infraestructura que favorezca la intermodalidad. • Fortalecer el transporte suburbano que dé servicio a las comunidades rurales conectándolas al sistema de transporte público.	

CONSULTA PÚBLICA





UGAT 42. Agricultura de temporal/Agricultura de riego	
inmediata a los cuerpos de propiedad particular, en la extensión que en cada caso fije la autoridad, de acuerdo con el reglamento de la Ley Forestal. • Incentivar programas agrícolas que deriven en el pago por servicios ambientales a través del fondo ambiental municipal. • La construcción de infraestructura deberá compensar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje. • Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá procurar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. • Respetar la hidrología superficial como presas, ríos, arroyos y zonas de inundación, para recarga de manto freático. • Respetar las zonas federales de los vasos y cauces de aguas nacionales de acuerdo a la normatividad vigente o en su caso lo que determine la autoridad competente. • Deben evitarse los sitios ubicados en áreas reservadas para recargas de acuíferos y regulación de los escurrimientos en los ríos. • Reforzar la instalación de infraestructura de desalojo de aguas pluviales para evitar las inundaciones en la zona. • Fomentar el uso de agua tratada para el riego agrícola. • Realizar un uso adecuado del agua para disminuir la evaporación y pérdida de este recurso. Deberá utilizarse un sistema de irrigación y no de rodamiento. • Conservar y fomentar la reforestación de los cauces que se encuentren dentro de la UGAT. • En zonas inundables se restringe la construcción de edificaciones. • Promover la rotación de cultivos dentro de la UGAT. • Realizar campañas de prevención periódicas de quemas de esquilmos. • Incentivar prácticas de manejo integral de carácter agrícola. • Impedir la quema de desechos sólidos en ríos, arroyos y escurrimientos. • Vigilar el cumplimiento de la legislación ambiental de la UGAT respetando las atribuciones federales, estatales y municipales al respecto. • Establecer con las autoridades, mecanismos que protejan el medio ambiente, en donde la inspección del territorio busque salvaguardar los recursos naturales. • Incentivar a aquellas industrias que demuestren la aplicación de técnicas de tratamiento de agua, así como su uso equilibrado.	
Actividades compatibles: Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura puntual, Infraestructura lineal, Infraestructura de área, Proyectos de energía eólica, Proyectos de energía solar, Industria ligera, Industria mediana, Industria pesada.	
Criterios: Agt06, Agt07, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt18, Agr01, Agr04, Agr08, Agr10, Agr11, Agh01, Agh03, Agh04, Agh05, Agi02, Agi04, Agi06, Agi08, Agi09, Agi10, Gex09, Gin01, Gin03, Gin04, Gin05, Gin08, Gin09, Ahr01, Ahr02, Ahr04, Ahr06, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr14, Ahr15, Ahr16, Ifl06, Ifl08, Ifl10, Ifl12, Ifl13, Inl14, Ifl17, Ifl18, Ifl22, Ifl23, Mna01, Mna03, Mna04, Mna08, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl11, Inl13, Inl14, Inl16, Inm02, Inm03, Inm04, Inm07, Inm08, Inm09, Inm11, Inm12, Inm14, Inm15, Inm16, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol04.	
Estrategias: EAm15, EAm16, EAm17, EAm19, EAm20, EFt12, EEc07, EEc08, EEc15, EEc16.	

CONSULTA PÚBLICA





Uno de los elementos que sirven de base para el ordenamiento ecológico y territorial es el conjunto de lineamientos, criterios y estrategias que orientan y regulan el desarrollo de las actividades permitidas en cada Unidad de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT).

Las UGAT del Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020 son congruentes con las Unidades de Gestión Ambiental y Territorial establecidas en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PEDUOET 2040), incorporando para cada una de ellas la política ecológica y territorial, la aptitud principal, los objetivos, los criterios de ordenamiento y las estrategias aplicables.

De acuerdo con el análisis espacial realizado, el Proyecto incide en **12 UGAT** (12, 20, 21, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37 y 42), las cuales consideran a la Infraestructura lineal como una actividad compatible. No obstante, al revisar el contenido de cada ficha de UGAT, se identificó que **tres de ellas** (UGAT 29, 34 y 36), si bien reconocen dicha actividad como compatible, **no establecen criterios específicos** identificados para Infraestructura lineal (Ifl), limitándose a incluir criterios aplicables a otras actividades compatibles.

Por otra parte, las UGAT que sí incorporan criterios de Infraestructura lineal presentan, en gran medida, criterios comunes o con un contenido equivalente. En virtud de ello, y con el propósito de evitar la repetición innecesaria del análisis, se realizó una vinculación integral de los criterios If mediante una única tabla de cumplimiento, indicando para cada criterio la forma en que el Proyecto atiende sus disposiciones. Esta metodología permite mantener un análisis claro, sistemático y sin duplicidades, facilitando la identificación del cumplimiento de los criterios de ordenamiento ecológico aplicables al Proyecto.

Tabla II.76. Vinculación con los Criterios para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020. Elaboración propia.

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Ifl06	Los Proyectos de infraestructura deberán evitar zonas prioritarias para conservación, biodiversidad, recarga y patrimonio.	El trazo definitivo evita, en la medida de lo posible, las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad. Si bien la porción del proyecto que incide dentro de este ordenamiento no atraviesa zonas prioritarias para la conservación, se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas dentro de la RE a través de reforestaciones con especies nativas. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas.

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl07	La construcción de infraestructura de ser posible, se realizará sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zonas agrícola y forestal	No se contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales, ya que gran parte de las actividades se realizarán dentro del DDV existente. Por lo que, se dará prioridad, en la medida de lo técnicamente posible, a que el trazo aproveche derechos de vía ya existentes para minimizar la fragmentación de ecosistemas y el CUSTF de suelo agrícola y forestal. Además, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas, se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas a través de reforestaciones en sitios que requieran la intervención activa para su recuperación y recuperen su función como corredores biológicos. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. Todo lo anterior se ejecutará con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes, asegurar la conectividad biológica y compensar la pérdida de cobertura vegetal en las áreas intervenidas. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl08	Cuando la infraestructura interrumpa flujos hidrológicos deberá presentarse Proyecto hidráulico avalado por autoridad competente.	El diseño del Proyecto se sustenta en estudios hidrológicos e hidráulicos que determinan las características técnicas de las obras de drenaje necesarias en los cruces del trazo con cuerpos o corrientes de agua. Estas obras están diseñadas específicamente para evitar la interrupción de los flujos hidrológicos y forman parte integral del Proyecto que contará con los avales y permisos correspondientes ante la autoridad competente. Durante la etapa de construcción y operación y mantenimiento, la correcta implementación y el funcionamiento óptimo de esta infraestructura se garantizan mediante la construcción y mantenimiento de obras de drenaje transversal (ODTs) así como de cunetas (obras longitudinales), las cuales funcionarán como solución constructiva que permita la convivencia de la vía férrea con los cauces y arroyos que pudieran ser atravesados. Además, se realizará el monitoreo de la calidad de estos cuerpos de agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto. Estas acciones en su conjunto aseguran la conservación de los cauces y permiten mantener inalterada la dinámica hidrológica natural de la zona. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Ifl10	Los Proyectos de infraestructura deberán incorporar vegetación arbórea en DDV, camellones y banquetas con especies nativas.	Si bien el criterio está orientado principalmente a vialidades urbanas con camellones y banquetas, en el DDV ferroviario del Proyecto se aplicará un principio ecológico y paisajístico análogo. Además, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas, se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas a través de reforestaciones en sitios que requieran la intervención activa para su recuperación y recuperen su función como corredores biológicos. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. Todo lo anterior se ejecutará con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes, asegurar la conectividad biológica y compensar la pérdida de cobertura vegetal en las áreas intervenidas. La selección y distribución de la paleta vegetal se realizará de manera estratégica para garantizar los servicios ambientales, evitando en todo momento que el crecimiento natural o la eventual caída de ramas o árboles representen un riesgo para la seguridad y operación de la infraestructura ferroviaria. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.*

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		- **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía*
Ifl12	En áreas verdes o libres de Proyectos de infraestructura se priorizará vegetación nativa y se restringirá el uso de especies exóticas invasoras.	Para dar estricto cumplimiento a esta disposición ambiental, las acciones de revegetación y restauración ecológica se ejecutarán con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas, y se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas a través de reforestaciones en sitios que requieran la intervención activa para su recuperación y recuperen su función como corredores biológicos. En el desarrollo de estos programas se priorizará en todo momento el uso de especies vegetales nativas propias de la región y se restringirá de manera absoluta la introducción y utilización de especies exóticas invasoras. Con ello, se asegura la compatibilidad ecológica, la restauración del paisaje y la preservación funcional de los hábitats locales en todas las áreas verdes e intervenidas por el Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl13	Los Proyectos que requieran agua deberán contar con Proyecto hídrico que evalúe la factibilidad del suministro sin sobreexplotar acuíferos.	El Proyecto requerirá agua principalmente para la humectación de caminos y áreas de trabajo, así como para los servicios básicos del personal durante las etapas de preparación y construcción. Para garantizar que no se genere presión adicional ni sobreexplotación de los acuíferos locales, no se realizará ninguna extracción directa de agua subterránea; la totalidad del suministro se obtendrá a través de proveedores externos legalmente autorizados. Para optimizar el recurso hídrico y cumplir con el espíritu de esta disposición, se privilegiará el uso de agua tratada (residual tratada) en las actividades constructivas, se realizará la humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo. Asimismo, los requerimientos sanitarios del personal serán atendidos de manera externa sin comprometer las fuentes locales de agua, mediante la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores, y las aguas sanitarias serán dispuestas por la empresa contratista. De esta manera, se asegura la viabilidad operativa de la obra manteniendo la disponibilidad del recurso en la región. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.*
Ifl14	Se deberá realizar estudio que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y riesgos.	Para dar cumplimiento a este criterio, el desarrollo del Proyecto se fundamenta en la elaboración de estudios especializados en materia geotécnica, hidrológica, hidráulica, estructural y de materiales (anexo VI). Estos análisis integrales permitieron caracterizar el sitio, evaluar los riesgos asociados (tanto ambientales como sociales) y determinar las especificaciones de diseño más seguras para la infraestructura. Durante la fase de ejecución, el enfoque preventivo derivado de dichos estudios se materializa a través de acciones concretas orientadas a la mitigación de riesgos, destacando la estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte para garantizar la seguridad del terreno frente a riesgos geológicos, y la Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		transversal y longitudinal para asegurar el manejo adecuado de las variables hidrológicas e hidráulicas. De esta manera, el Proyecto no solo cumple con el rigor técnico exigido, sino que asegura la protección de la obra, del entorno natural y de las comunidades aledañas. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl17	En zonas de recarga de alto potencial se evitarán superficies impermeables que impidan la absorción de agua superficial.	Para atender este criterio, en el marco del proyecto se realizará la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs) y cunetas (obras longitudinales), la cual se complementa con las características propias de la infraestructura ferroviaria. Al evitar el uso de revestimientos tradicionales con materiales impermeables en los cruces con arroyos o canales y emplear materiales porosos, sumado a la conformación de la vía mediante balasto que favorece de manera natural la infiltración pluvial, se previene la alteración de los flujos y se garantiza la conservación de las funciones hidrológicas de la región. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl18	En zonas de alta recarga se evitará revestir arroyos y canales con materiales tradicionales; deberán usarse materiales porosos cuando aplique.	En los cruces del trazo con arroyos o canales ubicados en zonas de alta capacidad de recarga, se evitará su revestimiento con materiales tradicionales, privilegiando materiales porosos, en coordinación con las características de la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal. La conformación de la vía mediante balasto favorece la infiltración pluvial y no genera una superficie impermeable continua. El Proyecto contempla la rehabilitación y, en su caso, adecuación de obras de drenaje transversal (ODTs), lo que permitirá mantener la dinámica hidrológica natural de la zona. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
Ifl20	Los derechos de vía generados para infraestructura lineal deberán respetarse conforme a sus dimensiones y características definidas por autoridad competente.	El Proyecto contempla la construcción de infraestructura lineal, por lo que el desarrollo de las obras se llevará a cabo dentro del DDV autorizado y de las áreas expresamente destinadas para su ejecución, respetando las dimensiones, restricciones y características que establezcan las autoridades competentes. Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, las actividades se limitarán al área autorizada, evitando la ocupación innecesaria de terrenos adyacentes y la generación de afectaciones fuera del DDV. Las obras y acciones ambientales previstas en los diferentes protocolos del Proyecto contribuirán a mantener el adecuado uso y manejo del DDV, en apego a la normatividad aplicable. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl21	En caso de promoverse el aprovechamiento distinto al uso agrícola de los terrenos contiguos al derecho de vía, éste deberá cumplir con la normatividad vigente que le aplique y deberá preverse en el PMDUOET	El Proyecto se limita a la construcción y operación de una infraestructura ferroviaria dentro del DDV destinado para tal fin, por lo que no contempla promover ni desarrollar aprovechamientos distintos al uso existente en los terrenos contiguos. En consecuencia, no se prevé la modificación del uso de

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		suelo de los predios colindantes como parte de las actividades del Proyecto. No obstante, en caso de que con motivo del desarrollo de futuros aprovechamientos en los terrenos contiguos al DDV se requieran cambios de uso o autorizaciones específicas, éstos deberán sujetarse a la normatividad vigente aplicable y a las disposiciones establecidas en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial correspondiente, siendo responsabilidad de los promoventes de dichos aprovechamientos obtener las autorizaciones que procedan. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl22	La instalación de infraestructura lineal deberá evitar impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola.	Durante la planeación y diseño del Proyecto se definió el trazo de la vía férrea considerando criterios técnicos, ambientales y territoriales, con el propósito de reducir al mínimo la ocupación y fragmentación de superficies con uso agrícola, priorizando, en la medida de lo técnicamente viable, el aprovechamiento de corredores de infraestructura existentes y evitando la ocupación innecesaria de superficies destinadas a actividades agrícolas. Las actividades de preparación del sitio y construcción se desarrollarán exclusivamente dentro del DDV y de las áreas autorizadas para la ejecución del Proyecto, evitando la intervención innecesaria de terrenos agrícolas adyacentes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl23	Las acciones de desmonte, excavación y terraplenes deberán incluir rescate de germoplasma y fauna, así como compensación y mitigación.	Durante las etapas de preparación y construcción, el Proyecto contempla actividades de desmonte, excavaciones y conformación de terraplenes; por ello, previamente al inicio de dichas actividades se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. De manera complementaria, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Con ello, el Proyecto da cumplimiento a este criterio, al integrar medidas preventivas, de mitigación y compensación asociadas a las actividades de desmonte y movimiento de tierras. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*

Las estrategias ambientales que se consideraron para las 43 UGATs del municipio de León, se establecieron de acuerdo con las estrategias del PEDUOET. En la siguiente tabla se vinculan las estrategias de las 12 UGATs en las que incide el Proyecto y que son aplicables al mismo.

Tabla II.77. Vinculación con las Estrategias para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020. Elaboración propia.

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
EAm01	Protección de ecosistemas	El Proyecto incorpora medidas orientadas a la protección de los ecosistemas presentes dentro de su área de influencia mediante la aplicación de acciones preventivas, de mitigación, restauración y compensación ambiental durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Previo al inicio de las obras se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. El proyecto también prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. También se prevé la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales con la finalidad de garantizar la continuidad de los escurrimientos naturales y prevenir alteraciones en el régimen hidrológico. También se realizará la humectación del suelo con la finalidad de controlar la emisión de partículas suspendidas en los frentes de trabajo, así como la colocación

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
EAm02	Conservación y manejo sustentable de recursos naturales	de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores, mediante proveedores externos autorizados utilizando preferentemente agua tratada. Adicionalmente, se realizará el monitoreo de la calidad del agua dentro de los cauces perennes para conocer la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M06.** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
EAm03	Restauración ecológica	El Proyecto integra medidas preventivas y de mitigación mediante el establecimiento de una reforestación que tiene como objetivo principal la restauración de las superficies afectadas por el trazo. Esta estrategia se basa en el establecimiento de individuos de especies nativas propias de la región, asegurando la recuperación de la cobertura vegetal y la funcionalidad ecológica de los sitios intervenidos. En el tramo correspondiente, se ejecutarán acciones específicas de restauración en las superficies afectadas por el trazo del Proyecto, garantizando la continuidad ecosistémica y el cumplimiento de los objetivos de conservación ambiental establecidos para las áreas bajo impacto. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
EAm04	Mantenimiento de los bienes y servicios ambientales	La pérdida temporal de bienes y servicios ambientales derivada del CUSTF requerido para la preparación y construcción del Proyecto se compensará mediante la implementación de una reforestación dentro de áreas degradadas, la cual contempla el establecimiento de individuos de especies nativas, y la integración de acciones de conectividad biológica mediante reforestación lineal en hileras (cortina vegetal dentro del DDV) en las superficies afectadas por el trazo del Proyecto, garantizando así la recuperación de las funciones ecológicas del sitio. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EAm05	Conservación y restauración de suelos	Las actividades del Proyecto se realizarán dentro del DDV autorizado, evitando afectaciones adicionales al suelo. Además, el uso de balastro permeable y la rehabilitación de obras de drenaje contribuirán a conservar la estabilidad e infiltración del suelo. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
EAm13	Conservación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos	El Proyecto contempla la instalación de obras de drenaje para conservar la continuidad de los escurrimientos naturales. El agua para riego, humectación y servicios básicos durante la etapa de preparación y construcción. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre lo acuíferos. El agua potable para uso será suministrada mediante proveedores externos autorizados. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07**. *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
EAm14	Restauración y rescate de ecosistemas ribereños y acuáticos	Las actividades del Proyecto evitarán afectaciones innecesarias sobre cauces y escurrimientos superficiales. La construcción de obras hidráulicas permitirá mantener la conducción natural del agua a través del terraplén ferroviario. Además, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. Todo lo anterior se ejecutará con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes, asegurar la conectividad biológica y compensar la pérdida de cobertura vegetal en las áreas intervenidas, así como de proteger la biodiversidad y garantizar la integridad de los ecosistemas acuáticos y ribereños en las áreas de influencia del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07**. *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EAm15	Gestión integral del agua	El Proyecto contempla el uso racional del agua durante las actividades constructivas y de mantenimiento, el agua requerida durante la construcción (riego, humectación, servicios) se suministrará mediante proveedores externos

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		autorizados, con agua preferentemente tratada. Además, el Proyecto prevé la construcción de obras hidráulicas que permitirán mantener la conducción natural del agua a través del terraplén ferroviario. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.*
EAm16	Control de emisiones	El Proyecto favorece una alternativa de menores emisiones frente al transporte carretero equivalente; durante las etapas de preparación y construcción se implementarán medidas para reducir emisiones de polvo, ruido y gases de combustión provenientes de maquinaria y vehículos, incluyendo riego de superficies y mantenimiento preventivo del equipo y maquinaria. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* - **P10.** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.* MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M05** *Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.*
EAm17	Manejo integral de residuos sólidos	Los residuos generados durante las actividades de rehabilitación y mantenimiento serán separados, almacenados temporalmente y dispuestos mediante empresas autorizadas conforme a la normatividad ambiental aplicable. El manejo de los residuos de realiza de manejo integral y se hará la separación, almacenamiento y disposición conforme a las disposiciones y legislación vigente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
EAm19	Mitigación y adaptación al cambio climático	El fortalecimiento del transporte ferroviario favorece alternativas de movilidad y transporte con menores emisiones respecto a otros sistemas de transporte terrestre, contribuyendo a estrategias de mitigación climática. Además, se implementarán las medidas de prevención, mitigación y compensación descritas a lo largo del capítulo y el Capítulo IV. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.* - **P09.** *Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.* - **P10.** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* **CUMPLIMIENTO:**

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.* - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* **M11.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
EAm20	Gestión integral de riesgos naturales	Se atenderá mediante los estudios geotécnicos, hidráulicos e hidrológicos (ANX VI) contemplados en el Proyecto ejecutivo, que permitirán identificar y mitigar riesgos naturales a lo largo del trazo. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt01	Comunidades sustentables e incluyentes	El Proyecto mejorará la conectividad regional mediante infraestructura ferroviaria, favoreciendo la movilidad de la población entre los estados de Jalisco y Guanajuato. Por lo que, promueve una alternativa de transporte de pasajeros interurbano y contribuye al desarrollo de comunidades sustentables e incluyentes en la región; sin embargo, no es un Proyecto de desarrollo urbano en sí mismo. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt02	Desarrollo del Sistema Estatal Territorial	El Proyecto, al conformar infraestructura ferroviaria interestatal, contribuye a la consolidación del Sistema Estatal Territorial al fortalecer la conectividad entre centros de población de Jalisco y Guanajuato. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt04	Desarrollo ordenado de los usos en el ámbito urbano	El Proyecto consiste en la construcción de una vía férrea cuyo trazo fue definido considerando los instrumentos de planeación territorial y urbana aplicables, procurando su integración con la infraestructura existente y con los usos de suelo previstos para la zona. Su desarrollo se limita al DDV y a las áreas autorizadas para la ejecución de las obras, evitando inducir cambios desordenados en el patrón de ocupación del territorio o en los usos del suelo circundantes. El Proyecto constituye una obra de infraestructura estratégica que fortalece la conectividad y la movilidad ferroviaria, favoreciendo un desarrollo territorial ordenado y compatible con los objetivos del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial. Durante su ejecución se implementarán los protocolos ambientales previstos para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales, garantizando que la infraestructura se integre de manera armónica con el entorno. El Proyecto es congruente con los usos del suelo y políticas de ordenamiento establecidas en los instrumentos de planeación territorial vigentes de los municipios involucrados, contribuyendo al desarrollo ordenado de la infraestructura ferroviaria en el ámbito urbano. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt05	Regeneración urbana	El Proyecto contribuye al fortalecimiento de la infraestructura ferroviaria como un elemento estratégico para la movilidad y la conectividad regional, favoreciendo un desarrollo territorial más eficiente y ordenado. Si bien su objetivo no consiste en la regeneración de áreas urbanas, la modernización de la infraestructura ferroviaria promueve mejores condiciones para la integración funcional del territorio, incrementando la accesibilidad y favoreciendo el aprovechamiento planificado de las zonas urbanas y periurbanas vinculadas al corredor ferroviario. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
EFt06	Conservación del patrimonio histórico y cultural	No se prevén afectaciones a alguna zona arqueológica, sin embargo, en caso de que el trazo incida sobre elementos de valor histórico, arqueológico o cultural o se lleguen a encontrar vestigios arqueológicos, el Promovente obtendrá el Permiso para la realización de obras y la liberación del sitio ante el INAH. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt08	Infraestructura pública y del equipamiento urbano	El Proyecto consiste en la construcción de una vía férrea que forma parte de la infraestructura estratégica de transporte, contribuyendo al fortalecimiento de la red ferroviaria y a la mejora de la conectividad entre los centros de población y las zonas de actividad económica. Su desarrollo es congruente con la estrategia de fortalecimiento de la infraestructura pública, al favorecer un sistema de transporte más eficiente y seguro que apoye el desarrollo territorial y urbano de la región. Durante la planeación y ejecución del Proyecto se consideró su integración con la infraestructura y el equipamiento urbano existentes, procurando mantener la funcionalidad de las vialidades, redes de servicios y demás obras públicas presentes en el área de influencia. De manera complementaria, la implementación de los protocolos ambientales que permitirán prevenir y mitigar los impactos ambientales derivados de la construcción, favoreciendo una adecuada integración de la infraestructura con su entorno. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt11	Fortalecimiento del sistema de transporte colectivo	El Proyecto permitirá reactivar y fortalecer el transporte ferroviario de pasajeros y carga, promoviendo alternativas de movilidad regional. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt12	Consolidación de la infraestructura de los corredores económicos	El Proyecto, al desarrollar infraestructura ferroviaria de pasajeros entre Jalisco y Guanajuato, consolida un corredor económico interestatal, favoreciendo la conectividad y el desarrollo regional. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EFt17	Resiliencia urbana	El Proyecto incorpora criterios de diseño e ingeniería orientados a garantizar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura ferroviaria frente a las condiciones ambientales y a los riesgos identificados en el área de influencia. Durante su planeación se consideraron las características físicas del terreno, los escurrimientos superficiales y demás condiciones del entorno, con el propósito de integrar las obras necesarias para favorecer su adecuado funcionamiento y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura. La implementación de la **Medida M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal,* la **Medida C01** *Programa de Compensación zona el Bajío* y la **C02** *Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales;* contribuirán a mantener la estabilidad ambiental del entorno, disminuyendo procesos como la erosión, el azolvamiento y la alteración del drenaje natural que pudieran afectar el desempeño de la infraestructura. Estas acciones favorecen la resiliencia del Proyecto y su integración con el territorio, promoviendo una infraestructura más segura y adaptable frente a eventos naturales. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
EFt18	Calidad ambiental urbana	El transporte ferroviario de pasajeros puede contribuir a mejorar la calidad ambiental urbana al ofrecer una alternativa que reduce la dependencia del transporte carretero individual (menor congestión y emisiones) en los centros de población conectados por el Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc01	Desarrollo rural	El Proyecto contribuirá al fortalecimiento de la infraestructura ferroviaria regional, mejorando la conectividad entre las zonas rurales y los centros de población, así como el acceso a los mercados, servicios e infraestructura logística. Esta condición favorece el desarrollo de las actividades productivas del medio rural al facilitar el

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		transporte de personas, insumos y mercancías, contribuyendo al desarrollo económico regional. Durante la ejecución del Proyecto se procurará la contratación de mano de obra y la adquisición de bienes y servicios disponibles en las localidades cercanas, cuando las condiciones técnicas, operativas y de disponibilidad lo permitan, favoreciendo una derrama económica temporal en la región. La implementación de los protocolos ambientales permitirá prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos derivados de la construcción, promoviendo la conservación de los recursos naturales que sustentan las actividades productivas del medio rural. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc11	Fomento del turismo alternativo	El Proyecto, al mejorar la conectividad interestatal, puede favorecer indirectamente el desarrollo del turismo alternativo en la región, aunque no es un objetivo directo del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc12	Fomento del turismo convencional	El Proyecto, al ofrecer una nueva opción de movilidad interurbana de pasajeros, favorece la conectividad turística entre Jalisco y Guanajuato, contribuyendo al fomento del turismo convencional en la región. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc13	Vinculación de la red turística estatal	El Proyecto contribuirá al fortalecimiento de la conectividad ferroviaria regional, favoreciendo la integración entre centros de población y diversos destinos con potencial turístico dentro del estado. La mejora en la infraestructura de transporte permitirá facilitar el desplazamiento de personas de manera más eficiente, segura y sostenible, fortaleciendo la articulación de la red turística estatal y mejorando la accesibilidad a los atractivos turísticos y culturales de la región. Además, el Proyecto se desarrollará en apego a los instrumentos de ordenamiento territorial y mediante la implementación de los protocolos ambientales de prevención, mitigación, restauración y compensación, procurando que la infraestructura se integre de manera compatible con el entorno natural y social, contribuyendo al aprovechamiento sustentable del territorio y al fortalecimiento de las actividades económicas asociadas al turismo. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc15	Desarrollo tecnológico e innovación	La planeación del Proyecto se apoyó en herramientas tecnológicas para la caracterización ambiental y territorial, permitiendo optimizar el diseño de la infraestructura y seleccionar alternativas que reducen la ocupación del suelo y los impactos sobre los recursos naturales. Estas herramientas permiten optimizar el trazo, incrementar la seguridad operacional y reducir los impactos ambientales y sociales asociados al Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
EEc16	Desarrollo de clúster económicos estratégicos	El Proyecto puede contribuir al fortalecimiento de clústeres económicos regionales al mejorar la conectividad interestatal; sin embargo, no es un objetivo directo del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ESo01	Inclusión social	El Proyecto favorecerá la conectividad y accesibilidad regional de la población mediante el fortalecimiento del sistema ferroviario existente. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ESo02	Atención a grupos vulnerables	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto se implementarán medidas de seguridad, señalización y control de accesos con la finalidad de proteger a la población ubicada en el área de influencia, prestando especial atención a los grupos vulnerables que pudieran verse expuestos a las actividades constructivas o a la operación de la infraestructura ferroviaria. El promovente mantendrá comunicación con las autoridades locales y con los habitantes directamente involucrados cuando la ejecución de las obras así lo requiera, informando oportunamente sobre las actividades programadas, restricciones temporales de acceso y medidas de seguridad aplicables. Estas acciones contribuirán a reducir riesgos para la población y a favorecer un desarrollo del Proyecto con responsabilidad social y en apego a la estrategia de atención a grupos vulnerables. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
ESo03	Desarrollo de centros de población marginados	El fortalecimiento de la conectividad ferroviaria puede favorecer el acceso de la población a servicios, empleo y oportunidades económicas regionales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ESo07	Accesibilidad universal	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto se implementarán medidas de señalización preventiva, control de accesos y manejo del tránsito peatonal y vehicular, con el propósito de mantener condiciones seguras de movilidad para la población en las zonas donde se desarrollen las obras. En los casos en que las actividades constructivas interfieran temporalmente con vialidades o accesos existentes, se establecerán las medidas necesarias para conservar su funcionalidad y reducir las molestias a la población, prestando especial atención a las personas con discapacidad, personas adultas mayores, niñas, niños y demás grupos que pudieran presentar condiciones de vulnerabilidad. El Proyecto contempla la construcción o adecuación de obras complementarias de uso público, éstas se desarrollarán conforme a la normatividad técnica aplicable en materia de accesibilidad universal, dentro del alcance y características del Proyecto. Con ello, se contribuye al cumplimiento de la estrategia de accesibilidad universal, favoreciendo condiciones de movilidad seguras e incluyentes. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
ESo08	Equidad de género	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, el Proyecto promoverá un ambiente laboral basado en los principios de igualdad de oportunidades, no discriminación y respeto a los derechos de las personas trabajadoras, favoreciendo la participación del personal con base en sus competencias y experiencia, sin distinción por motivo de género. El promovente procurará que los procesos de contratación, capacitación y desempeño de las actividades se desarrollen bajo criterios de equidad, garantizando condiciones de trabajo seguras y el cumplimiento de la normatividad laboral aplicable. Con ello, el Proyecto es congruente con la estrategia de promover la equidad de género en el desarrollo de las actividades productivas y de infraestructura. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

Aunque el trazo incide en puntos específicos como el Área Natural Protegida Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde, el Proyecto incorpora medidas robustas de prevención, mitigación, restauración y compensación, garantizando la preservación de los hábitats locales.

Desde una perspectiva estratégica y socioeconómica, el Proyecto se alinea con los instrumentos de planeación al consolidar un corredor ferroviario seguro y eficiente entre Jalisco y Guanajuato. Esto fortalece la movilidad regional, fomenta la inclusión social, la accesibilidad universal y la resiliencia urbana, posicionándose como una alternativa sustentable de menores emisiones frente al transporte carretero y asegurando que su ejecución se realice en estricto apego al ordenamiento ecológico del territorio.

CONSULTA PÚBLICA

II.3.5 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de San Francisco del Rincón 2021*

Fecha de expedición: 7 de abril de 2021.
Fuente de consulta y publicación: Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, Año CIV, Número 118, Tercera Parte, de fecha 15 de junio de 2021. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/documento/programa-municipal-de-san-francisco-del-rincon-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento

El Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio (MOST) es el instrumento que modela la estrategia del desarrollo urbano y el ordenamiento ecológico territorial municipal de San Francisco del Rincón a través de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAT) y de las estrategias.

Las UGATs son la unidad mínima para la gestión del territorio municipal, representando cada una de ellas una porción del territorio municipal a la que se vincula una política ambiental y territorial, un lineamiento ecológico y territorial (meta general), una serie de estrategias resultado de la identificación de problemáticas y conflictos ambientales y territoriales y del diagnóstico particular del territorio comprendido en cada UGAT, las condicionantes de su territorio de acuerdo a la aptitud territorial e imagen objetivo, así como los criterios de regulación y directrices urbanas y territoriales a los que deberá sujetarse cada actividad para llevarse a cabo de manera adecuada, bajo un esquema de sustentabilidad y para el adecuado ordenamiento de las actividades del territorio municipal.

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de San Francisco del Rincón 2021 retoma la delimitación de las UGAT establecidas en el instrumento estatal y, a partir de las características ambientales, sociales, económicas, urbanas y territoriales del municipio, realiza ajustes y subdivisiones con la finalidad de precisar el ordenamiento del territorio a una escala de mayor detalle.

El Modelo de Ordenamiento Territorial para el municipio de San Francisco del Rincón de acuerdo con el PEDUOET 2040 se conforma por 58 UGATs. A partir de la sobreposición espacial del trazo del Proyecto con el MOST municipal, se determinó que éste incide específicamente en 3 UGAT municipales **SFCO_21, SFCO_20 y SFCO_01_A**, correspondientes a las UGAT estatales **313, 246 y 268 (246 SFCO_20, 268 SFCO_01_A y 313 SFCO_21)**.

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 1.62 % se ubica dentro de la UGAT 268. En tanto, el resto de UGATs presentó incidencias menores al 1.5 %, mientras que el 96.58 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.78. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de San Francisco del Rincón. Elaboración propia.

UGAT	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
246 SFCO_20	38,653	0.39
268 SFCO_01_A	159,603	1.62
313 SFCO_21	138,467	1.41
Sin incidencia	9,497,749	96.58
Total	**9,834,472**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA

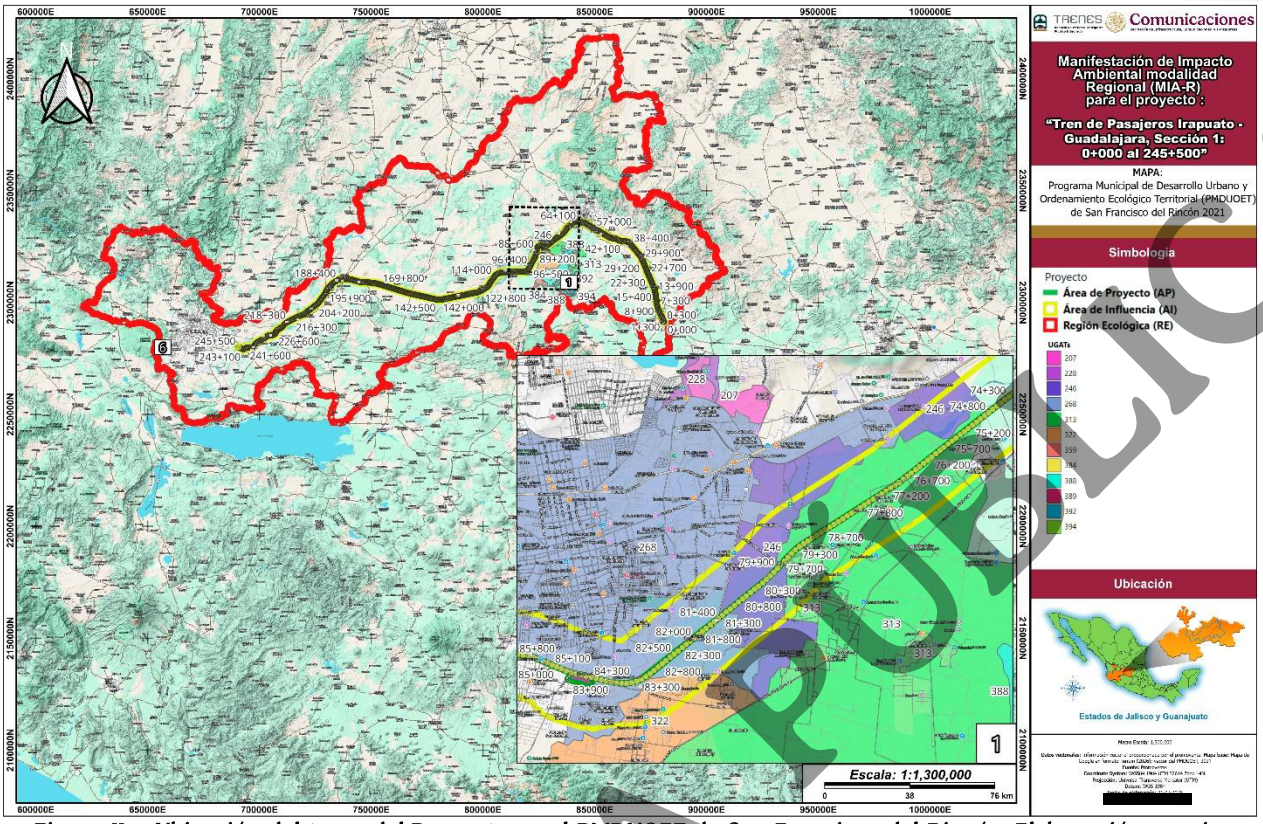
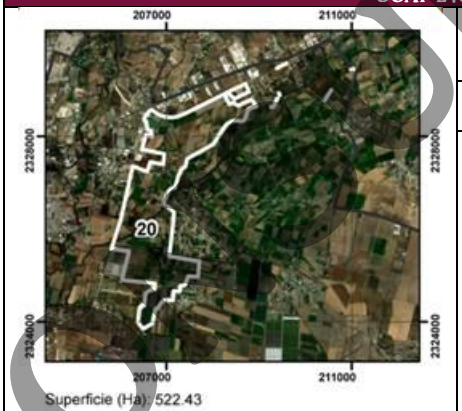


Figura II.5. Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUOET de San Francisco del Rincón. Elaboración propia.

Dentro de las siguientes tablas se presentan las características de las UGAT en las que incide el Proyecto.

Tabla II.79. Descripción de la UGAT 246 SFCO_20. Elaboración propia.

UGAT 246 SFCO_20. Aprovechamiento sustentable		
	**Superficie actual en ha:** 522.43 ha	**Política Ambiental:** Aprovechamiento sustentable / **Política urbano-territorial:** Mejoramiento
	Población: 286 habitantes	**Densidad hab/ha:** 0.48 / **Zonificación primaria:** Zona agricultura de riego
	Riesgo: Inundación	**Recarga Alta:** 19.43
Criterios de regulación Ambiental: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11,Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10,Gex08, Gex13,Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09,Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21,Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11,Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16,Ahu27,Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23,Ifa03, Ifa05,Sol01, Sol02, Sol04,Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17,Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19,Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15,Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.		
Directrices urbano-territoriales:		

COPIA PÚBLICA

UGAT 246 SFCO_20. Aprovechamiento sustentable
Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Eq01, Eq03, Eq04, Ub17, Ub20, Ub21, Ub22

Tabla II.80. Descripción de la UGAT 268 SFCO_01_A. Elaboración propia.

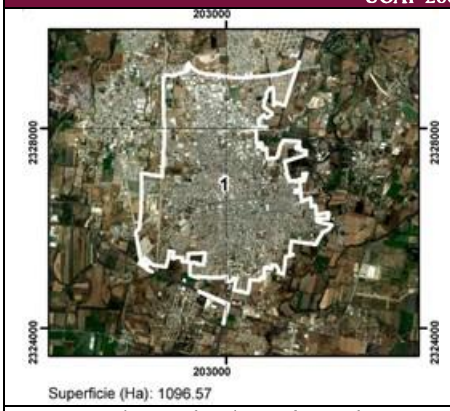
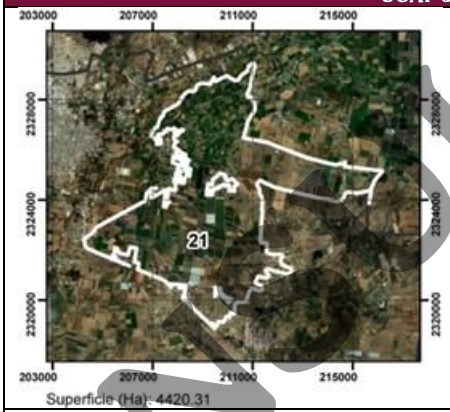
UGAT 268 SFCO_01_A. Aprovechamiento sustentable			
	**Superficie actual en ha:** 1,096.57 ha	**Política Ambiental:** Aprovechamiento sustentable	**Política urbano-territorial:** Consolidación
	Población: 71,139 habitantes	**Densidad hab/ha:** 64.87	**Zonificación primaria:** Zona del centro población urbano
	Riesgo: Inundación		**Recarga Alta:** 1.00
Criterios de regulación Ambiental: Agt02, Agt05, Agt06, Agt07, Agt08, Agt09, Agt10, Agt11, Agt12, Agt13, Agt14, Agt15, Agt16, Agt17, Agt18, Agt20, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi09, Agi10, Gex13,Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu15, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu27, Ifp03, Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl10, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl21, Ifl22, Ifl23, Ifa01, Ifa02, Ifa03, Ifa05, Ifa07, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19, Mna02.			
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub02, Ub03, Ub04, Ub05, Ub06, Ub07, Ub08, Ub09, Ub10, Ub11, Ub12, Ub13, Ub16, Ub17, Ub20, Fc01, Fc02, Fc03, Fc04, Fc06, u01, Vu02, Vu03, Vu04, Eq01, Eq02, Eq03, Eq04, Eq05, Eq06, Su01, Su02, Su03, Su04, Su06, Su07, Su08, Su09, Ms01, Ms02, Ms03, Ms04, Ms05, Ms06, Ms07, Ms08, Gs01, Gs02, Gs03, Gs04, In01, Id02, In03, In04, In05, Fp01, Pa02, Pa03, Pa05, Pa06, Pa07.			

Tabla II.81. Descripción de la UGAT 313 SFCO_21, Elaboración propia.

UGAT 313 SFCO_21. Aprovechamiento sustentable			
	**Superficie actual en ha:** 4,404.80 ha	**Política Ambiental:** Aprovechamiento sustentable	**Política urbano-territorial:** Mejoramiento
	Población: 1,182 habitantes	**Densidad hab/ha:** 0.27	**Zonificación primaria:** Zona agricultura de riego
	Riesgo: Inundación		**Recarga Alta:** 7.00
Criterios de regulación Ambiental: Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu09, Acu10, Acu11,Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10,Gex08, Gex13,Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09,Tal01, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal18, Tal19, Tal21,Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Tur08, Tur09, Tur10, Tur11,Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahr16,Ahu27,Ifl04, Ifl05, Ifl06, Ifl08, Ifl12, Ifl13, Ifl14, Ifl16, Ifl17, Ifl18, Ifl20, Ifl22, Ifl23,Ifa03, Ifa05,Sol01, Sol02, Sol04,Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl10, Inl11, Inl12, Inl13, Inl14, Inl15, Inl16, Inl17,Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm13, Inm14, Inm15, Inm16, Inm17, Inm18, Inm19,Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13, Inp14, Inp15,Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08.			
Directrices urbano-territoriales: Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Eq01, Eq03, Eq04, Ub17, Ub20, Ub21, Ub22			

CONSULTA PÚBLICA



Los criterios de regulación ambiental constituyen disposiciones específicas asociadas a las UGAT, cuya finalidad es orientar el desarrollo de las actividades y Proyectos de manera compatible con las características ambientales y territoriales de cada unidad.

En el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de San Francisco del Rincón 2021 (PMDUOET), las fichas correspondientes a las UGAT municipales identifican mediante su clave los criterios de regulación ambiental que resultan aplicables a cada unidad. No obstante, la descripción de dichos criterios no se desarrolla en el Programa Municipal, por lo que para efectos de su análisis y vinculación se retoma la descripción establecida en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET), instrumento que constituye el marco de referencia para la conformación y regulación de las UGAT municipales.

A continuación, se presenta la vinculación del Proyecto con los criterios aplicables a las UGAT municipales **246 SFCO_20, 268 SFCO_01_A y 313 SFCO_21**, considerando particularmente aquellos relacionados con la naturaleza del Proyecto como infraestructura lineal, así como las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación previstas para su ejecución.

Tabla II.82. Vinculación con los criterios para el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de San Francisco del Rincón 2021. Elaboración propia.

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Ifl04	Las carreteras existentes y las nuevas obras deberán contar con los pasos de fauna subterráneos suficientes para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar su éxito.	No se contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales, ya que gran parte de las actividades se realizarán dentro del DDV existente. No obstante, la vía férrea se encuentra conformada mediante balasto, material granular permeable que favorece la infiltración pluvial al subsuelo. El Proyecto contempla la rehabilitación y, en su caso, adecuación de obras de drenaje incluidas, así como la construcción de nuevas obras de drenaje transversal (ODTs) y cunetas (obras longitudinales), lo que permitirá mantener la dinámica hidrológica natural de la zona. Además, se realizó la modelación e identificación de los corredores biológicos con la finalidad de definir las ODTs que deberán ser adecuadas como pasos de fauna. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.*
Ifl05	La construcción de caminos deberá prever al menos el 50% de materiales que permitan la infiltración de agua pluvial al subsuelo, los cuales deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados a la dinámica hidráulica natural.	No se contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales, ya que gran parte de las actividades se realizarán dentro del DDV existente. Por lo que, se dará prioridad, en la medida de lo técnicamente posible, a que el trazo aproveche DDV ya existentes para minimizar la fragmentación de ecosistemas y el CUSTF de suelo agrícola y forestal. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl06	Los Proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGAT deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, de recarga y para la preservación del patrimonio	El trazo definitivo evita, en la medida de lo posible, las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad. La porción del trazo que incide dentro de este ordenamiento no atraviesa zonas identificadas como prioritarias para la conservación. Sin embargo, se implementarán acciones de restauración activa a través de reforestaciones en sitios degradados con la finalidad de

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.	restaurar y mantener los bienes y servicios ambientales dentro de la Región Ecológica (RE). **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl08	En el caso de que la construcción de infraestructura interrumpa los flujos hidrológicos la empresa responsable de la construcción deberá presentar un Proyecto hidráulico avalado por la autoridad competente, que garantice la continuidad del caudal ecológico del flujo interrumpido.	Derivado de la naturaleza lineal del Proyecto y de su trazo a través de diversas cuencas e hidrologías regionales, la construcción de la infraestructura ferroviaria observará estrictamente el criterio de continuidad hidrológica. En los tramos donde las obras puedan representar una interrupción temporal o modificación de los flujos naturales, la empresa responsable presentará y ejecutará las obras hidráulicas específicas, garantizando en todo momento la integridad y el caudal ecológico de los cuerpos de agua afectados. Esta disposición se encuentra plenamente vinculada e integrada con las medidas de prevención y mitigación establecidas y creadas específicamente para esta vía férrea (Capitulo IV), destacando particularmente la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, la cual asegura la conectividad hidráulica bajo la vía, así como el monitoreo de la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto, que evalúa la estabilidad ambiental de los cuerpos hídricos. Con ello, se garantiza que el diseño, la construcción y la operación del sistema ferroviario concuerden con la seguridad de la infraestructura con la protección y continuidad de los ecosistemas acuáticos regionales. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
Ifl10	Los Proyectos de infraestructura que se promuevan deberán considerar la incorporación de vegetación arbórea en las zonas de derecho de vía, camellones y banquetas. Las especies deberán ser nativas y acordes a los diferentes tipos de vialidades, para evitar cualquier tipo de riesgo, desde pérdida de visibilidad, hasta deterioro en las construcciones y banquetas, incluyendo la caída de ramas o	Si bien este criterio está orientado originalmente a vialidades urbanas con camellones y banquetas, para el DDV ferroviario se aplicará un principio análogo de integración vegetal. Lo anterior se instrumentará a través de la colocación de una cortina vegetal consistente en una rearborización lineal en hileras a lo largo del trazo. Para ello se utilizarán estrictamente especies nativas acordes a las condiciones climáticas y edafológicas de cada región, seleccionadas bajo criterios técnicos que eviten riesgos a la infraestructura; como pérdida de visibilidad, interferencia por raíces superficiales o afectaciones por caída de ramas y ejemplares ante ráfagas de viento.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
	derribo de árboles, con raíces superficiales, por efecto del viento.	Adicionalmente, se implementarán acciones de restauración activa dentro de sitios degradados que requieran asistencia para su recuperación a través de reforestaciones, garantizando así la congruencia ecológica, la seguridad operativa del sistema ferroviario y la compatibilidad con los ordenamientos territoriales locales. **CUMPLIMIENTO:** COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
Ifl12	Para la vegetación de las áreas verdes o libres de Proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGAT se deberá priorizar el uso de especies nativas y se restringirá el uso de especies exóticas invasoras.	En cumplimiento a este criterio, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Adicionalmente, se implementarán acciones de restauración activa dentro de sitios degradados que requieran asistencia para su recuperación a través de reforestaciones, garantizando así la congruencia ecológica, la seguridad operativa del sistema ferroviario y la compatibilidad con los ordenamientos territoriales locales. Además, con ello, se asegura que toda acción de arborización, reforestación o establecimiento de cubiertas vegetales emplee exclusivamente material biológico nativo que fortalezca la resiliencia ecológica local y evite daños y desequilibrios ambientales. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
Ifl13	Los Proyectos de infraestructura que requieran agua para su desarrollo u operación deberán contar con un Proyecto integral hídrico que evalúe la factibilidad del suministro de agua potable sin que implique una sobre explotación de los acuíferos.	El Proyecto requerirá agua para riego, humectación y servicios básicos durante la etapa de preparación y construcción (. Dicho suministro será realizado mediante proveedores externos autorizados, utilizando agua preferentemente tratada, por lo que no se prevé aprovechamiento ni presión adicional sobre lo acuíferos. El agua potable para uso humano será suministrada mediante proveedores externos autorizados. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.*

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
Ifl14	Se deberá realizar un estudio para la factibilidad de cada Proyecto de infraestructura, que integre factores geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y riesgos que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.	El Proyecto contempla estudios geotécnicos, hidrológicos, estructurales, de vías y materiales, por lo que cumple con el enfoque preventivo del criterio (anexo VI). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Ifl16	Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos Proyectos de infraestructura deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.	Durante el procedimiento de evaluación del impacto ambiental, la MIA-R será presentada ante la autoridad competente, sujetándose a los mecanismos de acceso a la información y participación pública previstos en la legislación ambiental aplicable, incluyendo aquellos procedimientos de difusión y consulta que, en su caso, determine la autoridad. De manera complementaria, previo y durante la ejecución de las obras, el promovente mantendrá comunicación con los propietarios, poseedores y demás personas directamente involucradas en predios aledaños donde se desarrollará el Proyecto, informando oportunamente sobre las actividades constructivas, las medidas ambientales que serán implementadas y las acciones necesarias para garantizar la seguridad durante la ejecución de los trabajos. Con ello, se da cumplimiento al criterio orientado a difundir las medidas, obras y acciones asociadas al desarrollo del Proyecto entre las localidades involucradas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Ifl17	La infraestructura de disposición lineal que se desarrolle en zonas de recarga de alto potencial evitará la generación de superficies impermeables que impidan la absorción del agua superficial hacia el subsuelo.	Para cumplir con el criterio de evitar superficies impermeables en zonas de recarga de alto potencial, el Proyecto prescindirá de revestimientos tradicionales en los cruces con arroyos y canales, privilegiando el uso de materiales porosos para la construcción de las ODTs y obras longitudinales. Adicionalmente, la conformación de la vía mediante balasto evitará la creación de una superficie impermeable continua y favorecerá la infiltración pluvial natural, lo cual, sumado a la rehabilitación y adecuación de las obras de drenaje, garantizará la preservación de la dinámica hidrológica de la zona. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
Ifl18	En zonas de alta capacidad de recarga se evitará el revestimiento de arroyos y canales con materiales tradicionales para permitir el paso hacia horizontes inferiores, de ser necesario habrá que remitirse a la aplicación del criterio de uso de materiales porosos.	En los cruces del trazo con arroyos o canales ubicados en zonas de alta capacidad de recarga, se evitará su revestimiento con materiales tradicionales, privilegiando materiales porosos para la construcción de las ODTs y las cunetas (obras longitudinales). La conformación de la vía mediante balasto favorece la infiltración pluvial y no genera una superficie impermeable continua. El Proyecto contempla la rehabilitación y, en su caso, adecuación de obras de drenaje, lo que permitirá mantener la dinámica hidrológica natural de la zona. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
Ifl20	Los derechos de vía generados para infraestructura lineal deberán respetarse para su uso adecuado, cuyas dimensiones y características serán definidas por autoridad competente.	El Proyecto contempla la construcción de una infraestructura lineal, por lo que el desarrollo de las obras se llevará a cabo dentro del DDV autorizado y de las áreas expresamente destinadas para su ejecución, respetando las dimensiones, restricciones y características que establezcan las autoridades competentes. Durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, las actividades

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO
		se limitarán al área autorizada, evitando la ocupación innecesaria de terrenos adyacentes y la generación de afectaciones fuera del DDV. Las obras y acciones ambientales previstas en las diferentes medidas del Proyecto contribuirán a mantener el adecuado uso y manejo del DDV, en apego a la normatividad aplicable. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
Ifl21	En caso de promoverse el aprovechamiento distinto al uso agrícola de los terrenos contiguos al derecho de vía, esté deberá cumplir con la normatividad vigente aplicable y deberá preverse en el PMDUOET que le corresponda.	El Proyecto se limita a la construcción y operación de una infraestructura ferroviaria dentro del DDV destinado para tal fin, por lo que, no contempla promover ni desarrollar aprovechamientos distintos al uso existente en los terrenos contiguos. En consecuencia, no se prevé la modificación del uso de suelo de los predios colindantes como parte de las actividades del Proyecto. No obstante, en caso de que con motivo del desarrollo de futuros aprovechamientos en los terrenos contiguos al DDV se requieran cambios de uso o autorizaciones específicas, éstos deberán sujetarse a la normatividad vigente aplicable y a las disposiciones establecidas en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial correspondiente, siendo responsabilidad de los promoventes de dichos aprovechamientos obtener las autorizaciones que procedan. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
Ifl22	La instalación de infraestructura lineal deberá evitar impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola.	Durante la planeación y diseño del Proyecto se definió el trazo de la vía férrea considerando criterios técnicos, ambientales y territoriales, con el propósito de reducir al mínimo la ocupación y fragmentación de superficies con uso agrícola, priorizando, en la medida de lo técnicamente viable, el aprovechamiento de corredores de infraestructura existentes y evitando la ocupación innecesaria de superficies destinadas a actividades agrícolas. Las actividades de preparación del sitio y construcción se desarrollarán exclusivamente dentro del DDV y de las áreas autorizadas para la ejecución del Proyecto, evitando la intervención innecesaria de terrenos agrícolas adyacentes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*

La vinculación del Proyecto con los criterios de regulación ambiental del PMDUOET de San Francisco del Rincón demuestra una estricta congruencia técnica, territorial y ambiental, al privilegiar el aprovechamiento del DDV existente para mitigar la fragmentación de ecosistemas y la afectación a suelos agrícolas. La integración de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación (Capitulo IV), garantiza la preservación de los flujos hidrológicos, la conectividad biológica y la protección de las zonas de recarga, consolidando una infraestructura lineal sustentable y armónica con el ordenamiento ecológico del territorio.

Para evaluar la congruencia espacial y normativa del Proyecto a escala estatal en Jalisco, se realizó un análisis de vinculación con el marco de planeación ambiental aplicable. A continuación, se detallan las disposiciones e instrumentos que regulan el uso del territorio en el tramo correspondiente.

CONSULTA PÚBLICA



II.3.6 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Silao de Victoria 2021*

Fecha de expedición: 20 de octubre de 2015.
Actualizado el 13 de octubre de 2021
Fuente de consulta: Portal de Información social del Estado de Guanajuato. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/documento/programa-municipal-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-ecologico-territorial-de-silao-de

El Ordenamiento Territorial se plantea como una política pública de mediano y largo plazo orientada a contribuir a la reducción de las desigualdades sociales, construir asentamientos humanos rurales y urbanos más sostenibles, seguros e incluyentes, y promover un uso más racional de los recursos naturales, teniendo como ámbito de actuación al territorio. En este marco, el municipio de Silao de la Victoria, consciente de la relevancia de contar con instrumentos que generen las bases para un desarrollo municipal sostenible y de largo plazo, impulsó la consolidación del Sistema Municipal de Planeación a través del Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUyOET), herramienta que permite la adecuada administración y organización del territorio municipal, promoviendo un ordenamiento más eficiente de las actividades, los centros de población y los recursos naturales.

El PMDUyOET de Silao de la Victoria fue desarrollado a partir de un modelo conceptual integrado de planeación y gestión territorial que articula en una única visión los sistemas ecológico-territorial, urbano-social y económico. Con ello, responde simultáneamente a las políticas públicas en materia de ordenamiento ecológico del territorio.

De acuerdo con el propio instrumento, el PMDUyOET tiene por objeto "orientar la planeación territorial con visión de largo plazo mediante la integración y adecuación de enfoques, métodos y procedimientos que contribuyan a traducir las políticas de desarrollo en acciones concretas para resolver las problemáticas y conflictos específicos que experimenta el territorio municipal.

Se determinaron 157 UGAT para el territorio municipal de las cuales el Proyecto se encuentra en 15 UGAT (32, 33, 35, 38, 41, 47, 50, 56, 71, 84, 87, 95, 103, 143, 145).

CONSULTA PÚBLICA

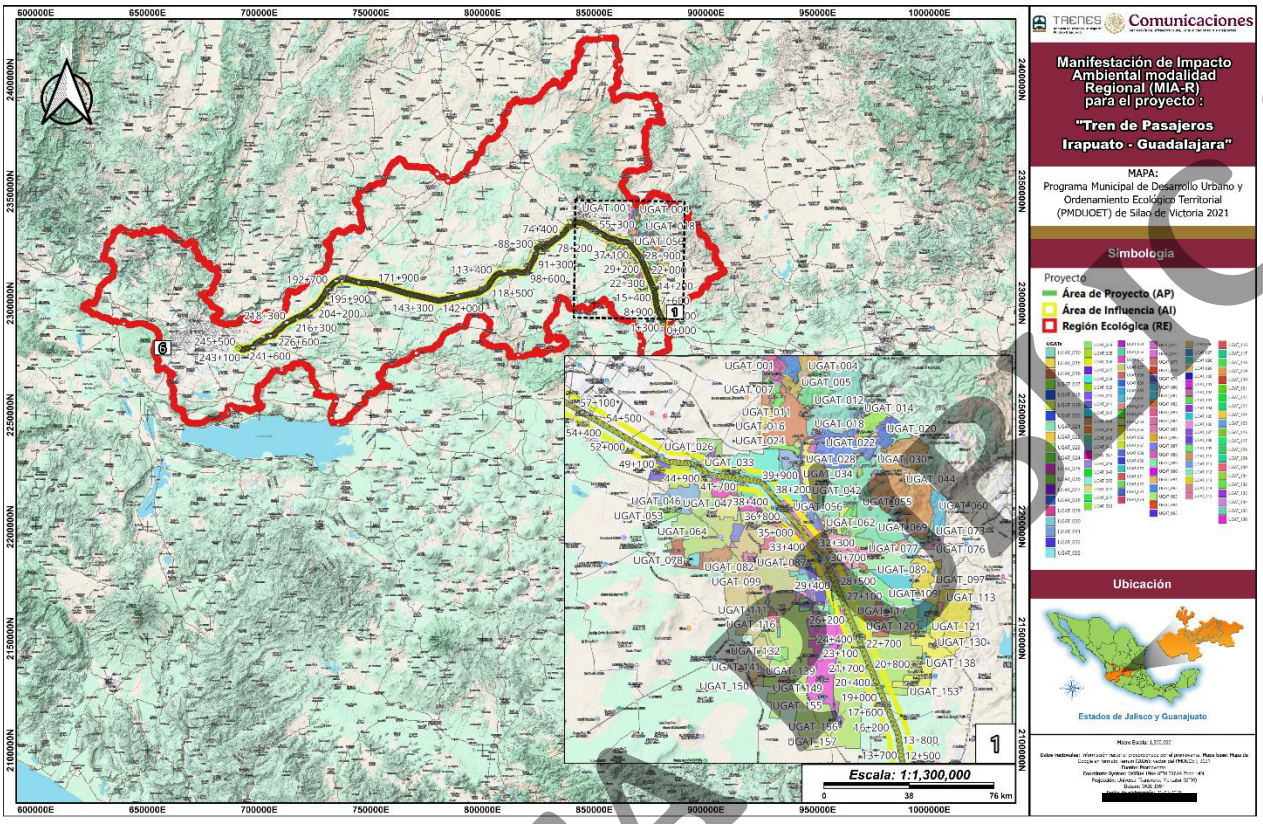


Figura II.6. **Ubicación del trazo del Proyecto en el PMDUyOET Silao de la Victoria. Elaboración propia.**

Tabla II.83. **Descripción de la UGAT 32. Elaboración propia.**

UGAT 32. Aprovechamiento sustentable y mejoramiento de actividades agropecuarias	
Política Ambiental: Aprovechamiento sustentable	**Política-territorial:** Mejoramiento
Lineamiento: Mejorar el aprovechamiento sustentable de las áreas tradicionales de agricultura de temporal y ganadería extensiva mediante el impulso económico que aumente su productividad y reduzca las pérdidas en los predios con vocación agropecuaria, aplicando paquetes tecnológicos que fomenten procesos de agricultura cimáticamente inteligente.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Infraestructura, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos, Proyectos fotovoltaicos.	
Usos no permitidos:	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex07, Gex08, Gex09, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Ahr15, Inf03, Inf09 Inf15, Inf17, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol06, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08, Mna09.	
Estrategias: Esa05, Esa07, Esa11, Esa17, Esa18, Esa20, Ede01, Ede02, Ede04, Ede05, Ede06, Ede07, Ede08.	
Directrices urbano-territoriales: Ub23, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.84. **Descripción de la UGAT 33. Elaboración propia.**

UGAT 33. Aprovechamiento sustentable para la consolidación y mejoramiento de localidad de articulación rural	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Mejoramiento
Lineamiento: Promover el crecimiento de la localidad de articulación urbano-rural bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Esta localidad deberá promover una intensidad y diversificación de usos y servicios, funcionando como centro proveedor de bienes, servicios y equipamiento regional y como polo de articulación del sistema urbano rural de estructura policéntrica. En esta se deberá garantizar una calidad de vida adecuada a sus habitantes y a los de las localidades rurales que de ella dependen considerando los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género.	
Usos permitidos: Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Asentamientos humanos urbanos, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agricultura, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr13, Ahr15, Ahc13, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu11, Ahu12, Ahu13, Ahu16, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu24, Ahs16, Inf03, Inf12, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl05, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa10, Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu02, Esu03, Esu05, Esu06, Esu07, Esu08, Esu09, Esu10, Esu11, Esu12, Esu13, Esu14, Esu16, Esu17, Esu18, Eds01, Eds02, Eds03, Eds04, Eds06, Eds07, Eds08, Ede09, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub02, Ub03, Ub04, Ub05, Ub06, Ub07, Ub08, Ub09, Ub10, Ub11, Ub12, Ub13, Ub14, Ub15, Ub16, Ub17, Ub18, Ub19, Ub20, Ub21, Ub22, Ub24, Vu01, Vu02, Vu03, Vu04, Ms01, Ms02, Ms03, Ms04, Ms05, Ms06, Ms07, Ms08, Ms09, Gs01, Gs02, Gs03, Gs04, Gs05, Gs06, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla II.85. **Descripción de la UGAT 35. Elaboración propia.**

UGAT 35. Aprovechamiento sustentable para la consolidación de fraccionamiento campestre con acuífero sobrexplotado	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Crecimiento
Lineamiento: Garantizar el desarrollo sustentable de los asentamientos humanos campestres, fortaleciendo los servicios públicos para la población, garantizando servicios de transporte y movilidad integrada que facilite su interacción con Silao de la Victoria (ciudad central), permitiendo a la población acceder a bienes y servicios regionales.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahc01, Ahc02, Ahc03, Ahc04, Ahc05, Ahc06, Ahc07, Ahc08, Ahc09, Ahc10, Ahc11, Inf03, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04	
Estrategias: Esa13, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu05, Esu09, Esu11, Esu13, Esu16, Eds01, Eds02	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub02, Ub03, Ub04, Ub05, Ub06, Ub07, Ub08, Ub09, Ub10, Ub11, Ub12, Ub13, Ub14, Ub15, Ub16, Ub17, Ub18, Ub19, Ub20, Ub21, Ub22, Ub24, Vu01, Vu02, Vu03, Vu04, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms01, Ms02, Ms06, Ms08, Ms09, Fp01, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.86. **Descripción de la UGAT 38. Elaboración propia.**

UGAT 38. Aprovechamiento sustentable para la consolidación estratégica de zona industrial	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Promover el desarrollo del sector industrial Silaoense bajo un enfoque de Desarrollo industrial sostenible e inclusivo 4.0, que fomente una economía sana y empleos de calidad para la población local, minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental negativo y promoviendo los intereses de la sociedad municipal en su conjunto. Fortalecer el sistema de innovación municipal y su articulación con las demandas productivas y sociales del corredor económico de la carretera 45. Impulsar un desarrollo bajo un enfoque de ecología industrial que reduzca los impactos ambientales.	
Usos permitidos: Agroindustria, Turismo convencional, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Industria media, Industria pesada, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agricultura, Acuacultura, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo alternativo, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi08, Agi09, Agi10, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Inf03, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl13, Inl14, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm14, Inm15, Inp01, Inp02, Inp03, Inp04, Inp05, Inp06, Inp07, Inp08, Inp09, Inp10, Inp11, Inp12, Inp13	
Estrategias: Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esa20, Esu09, Esu11, Esu13, Esu16, Eds07, Eds08, Ede10, Ede11, Ede12, Ede13, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub23, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla II.87. **Descripción de la UGAT 41. Elaboración propia.**

UGAT 41. Aprovechamiento sustentable para el mejoramiento de localidad rural	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Mejoramiento
Lineamiento: Garantizar el desarrollo sustentable de la localidad rural, fortaleciendo los servicios públicos para la población, garantizando un sistema de transporte y movilidad integrada que facilite su interacción con la localidad de articulación regional proveedora de equipamientos urbanos y hacia Silao de la Victoria (ciudad central), permitiendo a la población acceder a bienes y servicios regionales, potenciando su impulso económico adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Inf03, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa10, Esa13, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu05, Esu06, Esu07, Esu08, Esu09, Esu10, Esu11, Esu13, Esu16, Esu17, Esu18, Eds01, Eds02, Eds03, Eds04, Eds06, Eds08, Ede01, Ede08, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub23, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms01, Ms02, Ms06, Ms08, Ms09, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.88. **Descripción de la UGAT 47. Elaboración propia.**

UGAT 47. Aprovechamiento sustentable para la consolidación estratégica de corredor económico con acuífero sobrexplotado	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Consolidar el aprovechamiento sustentable del corredor económico mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área, impulsando zo nas estratégicas para el desarrollo y la prestación de servicios urbanos y metropolitanos	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Industria ligera, Industria media, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Inf03, Inf12, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl11, Inl12, Inl14, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm14, Inm15	
Estrategias: Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esa20, Esu09, Esu11, Esu13, Esu16, Eds08, Ede06, Ede10, Ede11, Ede12, Ede13, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub23, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla II.89. **Descripción de la UGAT 50. Elaboración propia.**

UGAT 50. Aprovechamiento sustentable para la consolidación estratégica de corredor económico con acuífero sobrexplotado	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Consolidar el aprovechamiento sustentable del corredor económico mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área, impulsando zo nas estratégicas para el desarrollo y la prestación de servicios urbanos y metropolitanos	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Industria ligera, Industria media, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Inf03, Inf12, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl11, Inl12, Inl14, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm12, Inm14, Inm15	
Estrategias: Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esa20, Esu09, Esu11, Esu13, Esu16, Eds08, Ede06, Ede10, Ede11, Ede12, Ede13, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub23, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.90. **Descripción de la UGAT 56. Elaboración propia.**

UGAT 56. Aprovechamiento sustentable para el mejoramiento de localidad rural y zonas agropecuarias	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Mejoramiento
Lineamiento: Mejorar el aprovechamiento sustentable de las áreas tradicionales de agricultura de temporal y ganadería extensiva mediante el impulso económico que aumente su productividad y reduzca las pérdidas en los predios con vocación agropecuaria, aplicando paquetes tecnológicos que fomenten procesos de agricultura cimáticamente inteligente. Garantizar el desarrollo sustentable de la localidad rural, fortaleciendo los servicios públicos para la población, garantizando un sistema de transporte y movilidad integrada que facilite su interacción con la localidad de articulación regional proveedora de equipamientos urbanos y hacia Silao de la Victoria (ciudad central), permitiendo a la población acceder a bienes y servicios regionales, potenciando su impulso económico adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Inf03, Inf09, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa05, Esa10, Esa13, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu05, Esu09, Esu11, Esu13, Esu16, Eds01, Eds02, Eds03, Eds06, Eds08, Ede01, Ede06, Ede08	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub23, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms01, Ms02, Ms06, Ms08, Ms09, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla II.91. **Descripción de la UGAT 71. Elaboración propia.**

UGAT 71. Aprovechamiento sustentable para la consolidación estratégica de corredor económico	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Consolidar el aprovechamiento sustentable del corredor económico mediante el impulso económico que mejore su productividad y competitividad para la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área, impulsando zo nas estratégicas para el desarrollo y la prestación de servicios urbanos y metropolitanos	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Industria ligera, Industria media, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahc15, Ahu22, Ahu23, Ahu24, Ahu25, Ahs13, Ahs14, Ahs16, Inf03, Inf12, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14, Inm01, Inm02, Inm03, Inm04, Inm05, Inm06, Inm07, Inm08, Inm09, Inm10, Inm11, Inm14, Inm15	
Estrategias: Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esa20, Esu09, Esu11, Esu13, Esu16, Eds08, Ede06, Ede10, Ede11, Ede12, Ede13, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub23, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.92. **Descripción de la UGAT 84. Elaboración propia.**

UGAT 84. Aprovechamiento sustentable para la consolidación y mejoramiento de ciudad central	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Promover el crecimiento de la ciudad central bajo un modelo de desarrollo urbano, ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Mantener un desarrollo policéntrico promoviendo la Ciudad Central como el motor regional generador de los flujos económicos, sociales e informacionales. Se garantizarán los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho a la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género. La ciudad central fungirá como principal centro proveedor de bienes, servicios y equipamientos regionales para la población municipal, articulado con el sistema urbano-rural municipal.	
Usos permitidos: Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agricultura, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu11, Ahu12, Ahu13, Ahu16, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Inf03, Inf12, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa10, Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu02, Esu03, Esu04, Esu05, Esu06, Esu07, Esu08, Esu09, Esu10, Esu11, Esu12, Esu13, Esu14, Esu16, Esu17, Esu18, Eds01, Eds02, Eds03, Eds04, Eds06, Eds07, Eds08, Ede10, Ede12, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub02, Ub03, Ub04, Ub05, Ub06, Ub07, Ub08, Ub09, Ub10, Ub11, Ub12, Ub13, Ub14, Ub15, Ub16, Ub17, Ub18, Ub19, Ub20, Ub21, Ub22, Ub24, Vu01, Vu02, Vu03, Vu04, Ms01, Ms02, Ms03, Ms04, Ms05, Ms06, Ms07, Ms08, Ms09, Gs01, Gs02, Gs03, Gs04, Gs05, Gs06, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla II.93. **Descripción de la UGAT 87. Elaboración propia.**

UGAT 87. Aprovechamiento sustentable para crecimiento urbano a largo plazo	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Crecimiento
Lineamiento: Promover un desarrollo urbano ordenado a largo plazo, una vez que las zonas de crecimiento de mediano plazo se encuentren consolidadas al 70%, fortaleciendo los servicios para la población de la ciudad central y la que depende de ella por la cercanía; ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Responder a los cambios requeridos por el desarrollo del entorno rural, proporcionando servicios e interacciones a niveles de cadenas productivas más efectivos gracias a la concentración en un espacio urbano.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Turismo alternativo, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Gex07, Gex08, Gex09, Gex13, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin07, Gin08, Gin09, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr14, Ahr15, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu11, Ahu12, Ahu13, Ahu16, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahu22, Ahu24, Ahs01, Ahs02, Ahs03, Ahs04, Ahs05, Ahs06, Ahs08, Ahs09, Ahs10, Ahs13, Ahs14, Ahs15, Ahs16, Inf03, Inf15, Inf17, Sol01, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa13, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu02, Esu05, Esu09, Esu11, Esu12, Esu13, Esu14, Esu16, Eds08	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub02, Ub03, Ub04, Ub05, Ub06, Ub07, Ub08, Ub09, Ub10, Ub11, Ub12, Ub13, Ub14, Ub15, Ub16, Ub17, Ub18, Ub19, Ub20, Ub21, Ub22, Ub24, Vu01, Vu02, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms03, Ms04, Ms05, Ms07, Gs01, Gs02, Gs03, Gs04, Gs05, Gs06, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.94. **Descripción de la UGAT 95. Elaboración propia.**

UGAT 95. Restauración de corredor ripario y consolidación de áreas verdes	
Política ecológica: Restauración	**Política territorial:** Mejoramiento
Lineamiento: Recuperar la cobertura vegetal y funciones ecológicas del corredor ripario, priorizando la eliminación de descargas de aguas residuales sin tratamiento y mejorando la calidad del ecosistema acuático. Impulsar la reforestación del corredor ripario con especies locales que favorezcan la creación de un corredor verde que funja como principal área verde de la ciudad y provea a los ciudadanos de un espacio natural de esparcimiento y recreación seguro, alejado del tráfico, en un ambiente apacible. Será un espacio donde se cumplan las necesidades recreativas, educativas, ambientales, de salud, deportivas y de transporte no motorizado aprovechando el cauce restaurado del Río Silao.	
Usos permitidos: Turismo alternativo, Infraestructura	
Usos no permitidos: Agricultura, Acuacultura, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos, Proyectos fotovoltaicos	
Criterios: Tal01, Tal02, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal09, Tal10, Tal11, Tal12, Tal13, Tal14, Tal15, Tal16, Tal17, Tal18, Ahr13, Ahr15, Inf02, Inf04, Inf05, Inf06, Inf07, Inf08, Inf11, Inf13, Inf14, Inf15, Inf16, Inf17	
Estrategias: Esa03, Esa05, Esa07, Esa11, Esa12, Esa13, Esa16, Esa17, Esa18	
Directrices urbano-territoriales: Ub23, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla 0.12. Descripción de la UGAT 103. Elaboración propia

UGAT 103. Aprovechamiento sustentable para crecimiento urbano a mediano plazo	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Crecimiento
Lineamiento: Promover un desarrollo urbano en el mediano plazo de los asentamientos humanos fortaleciendo los servicios para la población de la ciudad central y la que depende de ella por la cercanía; ordenado, socialmente integrador, económicamente productivo y competitivo, ambientalmente amable y capaz de sostenerse a través del tiempo. Garantizar una calidad de vida adecuada a sus habitantes y a los de las localidades rurales que de ella dependen considerando los ejes de la nueva agenda urbana: inclusión urbana, derecho a la ciudad, accesibilidad universal e igualdad de género. Responder a los cambios requeridos por el desarrollo del entorno rural, proporcionando servicios e interacciones a niveles de cadenas productivas más efectivos gracias a la concentración en un espacio urbano. Garantizar que los sistemas de transportes mantengan la vinculación urbano-rural y la comunicación con las centralidades urbanas proveedoras de insumos y servicios.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Agroindustria, Turismo alternativo, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Asentamientos humanos rurales, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Tur01, Tur02, Tur03, Tur04, Tur05, Tur06, Tur07, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr15, Ahu01, Ahu02, Ahu03, Ahu04, Ahu05, Ahu06, Ahu07, Ahu08, Ahu09, Ahu10, Ahu11, Ahu12, Ahu13, Ahu14, Ahu16, Ahu17, Ahu18, Ahu19, Ahu20, Ahu21, Ahs10, Inf03, Inf12, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa10, Esa13, Esa14, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu02, Esu04, Esu05, Esu07, Esu09, Esu10, Esu11, Esu12, Esu13, Esu14, Esu16, Esu17, Esu18, Eds01, Eds02, Eds06, Eds07, Eds08, Ede10, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub02, Ub03, Ub04, Ub05, Ub06, Ub07, Ub08, Ub09, Ub10, Ub11, Ub12, Ub13, Ub14, Ub15, Ub16, Ub17, Ub18, Ub19, Ub20, Ub21, Ub22, Ub24, Vu01, Vu02, Vu03, Vu04, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms03, Ms04, Ms05, Ms07, Gs01, Gs02, Gs03, Gs04, Gs05, Gs06, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.95. **Descripción de la UGAT 143. Elaboración propia.**

UGAT 143. Aprovechamiento sustentable para el mejoramiento de localidad rural	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Garantizar el desarrollo sustentable de la localidad rural, fortaleciendo los servicios públicos para la población, garantizando un sistema de transporte y movilidad integrada que facilite su interacción con la localidad de articulación regional proveedora de equipamientos urbanos y hacia Silao de la Victoria (ciudad central), permitiendo a la población acceder a bienes y servicios regionales, potenciando su impulso económico adecuado a las particularidades y características identitarias, sociales, económicas, culturales, ambientales y vocacionales.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Turismo alternativo, Asentamientos humanos rurales, Industria ligera, Infraestructura, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Tal01, Tal03, Tal05, Tal06, Tal07, Tal08, Tal11, Tal13, Tal16, Tal17, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Inf03, Inf15, Inf17, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Inl01, Inl02, Inl03, Inl04, Inl06, Inl07, Inl08, Inl09, Inl10, Inl12, Inl14	
Estrategias: Esa10, Esa13, Esa15, Esa17, Esa18, Esa19, Esu01, Esu05, Esu06, Esu07, Esu08, Esu09, Esu10, Esu11, Esu13, Esu16, Esu17, Esu18, Eds01, Eds02, Eds03, Eds04, Eds06, Eds08, Ede01, Ede08, Ede15	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub23, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms01, Ms02, Ms06, Ms08, Ms09, Fp01, Id01, Id02, Id03, Id04, Id05, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

Tabla II.96. **Descripción de la UGAT 145. Elaboración propia.**

UGAT 145. Aprovechamiento sustentable para la consolidación estratégica de zona de alta productividad agrícola	
Política ecológica: Aprovechamiento sustentable	**Política territorial:** Consolidación
Lineamiento: Preservar el área agrícola de alta productividad por su importante valor productivo y su importancia cultural regional; aprovechando su valor intrínseco por su ubicación particular, fomentando el uso de técnicas sustentables de cultivo, favoreciendo proyectos de agricultura protegida vinculados a cluster agroindutriales que brinden un valor agregado a los cultivos regionales, promoviendo la aplicación de una agricultura climáticamente inteligente.	
Usos permitidos: Agricultura, Acuacultura, Agroindustria, Ganadería extensiva, Ganadería intensiva, Asentamientos humanos rurales, Infraestructura, Minería no metálica de alta disponibilidad, Proyectos eólicos, Proyectos fotovoltaicos	
Usos no permitidos: Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo convencional, Asentamientos humanos urbanos, Asentamientos humanos suburbanos, Asentamientos humanos campestres, Comercio y servicios de intensidad alta, Industria ligera, Industria media, Industria pesada, Minería metálica, Minería no metálica de baja disponibilidad	
Criterios: Acu01, Acu02, Acu03, Acu04, Acu05, Acu06, Acu07, Acu08, Agr05, Agr06, Agr07, Agr08, Agr09, Agr10, Agr11, Agr12, Agr13, Agr14, Agr15, Agr16, Agr17, Agr18, Agr19, Agr20, Agr21, Agr22, Agr23, Agi01, Agi02, Agi03, Agi04, Agi05, Agi06, Agi07, Agi08, Agi09, Agi10, Gex07, Gex08, Gex09, Gin01, Gin02, Gin03, Gin04, Gin05, Gin06, Gin08, Gin09, Ahr01, Ahr02, Ahr03, Ahr04, Ahr05, Ahr06, Ahr07, Ahr08, Ahr09, Ahr10, Ahr11, Ahr12, Ahr13, Ahr15, Inf02, Inf04, Inf05, Inf06, Inf09, Inf11, Inf13, Inf14, Inf15, Inf16, Inf17, Eol01, Eol02, Eol03, Eol04, Eol05, Eol06, Eol07, Eol08, Sol01, Sol02, Sol03, Sol04, Mna01, Mna02, Mna03, Mna04, Mna05, Mna06, Mna07, Mna08, Mna09	
Estrategias: Esa04, Esa05, Esa07, Esa11, Esa13, Esa17, Esa18, Esa20, Ede01, Ede02, Ede03, Ede04, Ede05, Ede06, Ede08	
Directrices urbano-territoriales: Ub01, Ub23, Vr01, Vr02, Vr03, Vr04, Vr05, Ms01, Ms02, Ms06, Ms08, Ms09, Fp01, Ir01, Ir02, Ir03, Ir04, Ir05, Ir06, Ru01, Ru02, Ru03, Pa01, Pa02, Pa03, Pa04, Pa05, Pa06, Pa07	

CONSULTA PÚBLICA





Las 15 UGAT (32, 33, 35, 38, 41, 47, 50, 56, 71, 84, 87, 95, 103, 143, 145) en las que incide el proyecto contemplan la "**infraestructura**" como una actividad compatible. En consecuencia, el desarrollo del Proyecto resulta plenamente viable y compatible con los lineamientos de todas las UGAT en las que incide.

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 2.57 % se ubica dentro de la UGAT 145, seguido de la UGAT 050 con una incidencia del 1.28 %, y en tercer lugar la UGAT 084 con un 0.84 %. En tanto, el resto de UGATs presentó incidencias menores al 0.8 %, mientras que el 91.93 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.97. Porcentaje de incidencia dentro del PMDUOET de Silao de Victoria. Elaboración propia.

UGAT	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
UGAT_032	30,879	0.31
UGAT_033	55,525	0.56
UGAT_035	24,801	0.25
UGAT_038	72,113	0.73
UGAT_041	7,190	0.07
UGAT_047	864	0.01
UGAT_050	126,340	1.28
UGAT_056	17,618	0.18
UGAT_071	70,102	0.71
UGAT_084	82,614	0.84
UGAT_087	79	0.00
UGAT_095	1,859	0.02
UGAT_103	44,243	0.45
UGAT_143	6,228	0.06
UGAT_145	253,174	2.57
Sin incidencia	9,040,844	91.93
Total	**9,834,472**	**100.00**

Los criterios de regulación constituyen la reglamentación que cada uso o actividad deberá observar para poder desarrollarse en cada UGAT, los cuales se definieron para prevenir impactos ambientales o sociales negativos por el desarrollo inadecuado de las actividades humanas.

Debido a que las UGAT comparten criterios comunes, y con el propósito de evitar duplicidad y optimizar el análisis técnico, la vinculación del Proyecto con el PMDUyOET se ha estructurado mediante una tabla de cumplimiento que agrupa y detalla los criterios de infraestructura aplicables.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.98. **Vinculación con los Criterios para el PMDUyOET de Silao de Victoria. Elaboración propia.**

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN
Inf04	Se deberán evitar impactos sobre el flujo de fauna cuando la infraestructura lineal interrumpa los corredores biológicos, construyendo pasos de fauna sobre elevando el trazo vial en una longitud mínima de 100 m por paso o para el caso de sistemas montañosos mediante la incorporación de túneles al diseño del proyecto. La longitud total de los pasos de fauna deberá ser conforme a la longitud de la sección del trazo del proyecto que se encuentre en zonas adyacentes a macizos forestales en una relación no menor al 7.5 %. La empresa responsable de la construcción deberá presentar un estudio avalado por la autoridad competente.	Con el propósito de prevenir y mitigar los impactos sobre el flujo de la fauna silvestre y salvaguardar la funcionalidad de los corredores biológicos, el Proyecto contempla la ejecución de la **Medida M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre*. A través de esta medida se integrarán infraestructuras específicas orientadas a garantizar el libre tránsito de las especies conforme a las especificaciones técnicas requeridas. Dentro del esquema de medidas de mitigación y compensación ambiental, se implementarán la **Medida M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*, la **Medida M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre* y las **Medidas C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*) y la **C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*), se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal.
Inf05	Los proyectos de infraestructura (puntual, lineal y de área) que se promuevan en la UGAT deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, de recarga y para la preservación del patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.	El trazo definitivo del Proyecto evita, en la medida de lo técnicamente posible, las zonas identificadas como prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad, así como aquellas de interés para la preservación del patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural. En caso de que algún tramo del trazo incida sobre áreas con alguna de estas características (p. ej. el Área Natural Protegida Estatal "Barranca de los Ríos Santiago y Verde"), dicha afectación se atenderá mediante el Protocolo de Restauración del ANP Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde, así como mediante los protocolos de rescate de flora y fauna aplicables.
Inf06	La construcción de infraestructura (puntual, lineal y de área) se realizará, de ser posible, sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zona agrícola y forestal.	El Proyecto prioriza el aprovechamiento del DDV existente, por lo que, no se contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales. Con ello se busca minimizar la fragmentación de los ecosistemas y evitar en la mayor medida posible el CUSTF en zonas agrícolas y forestales. Adicionalmente, para mitigar la fragmentación y compensar las afectaciones sobre el entorno, se implementarán de forma integral la **Medida M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*, las **Medidas C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*), la **C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*) y la **Medida M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre*, garantizando la conectividad biológica y la recuperación de la cobertura vegetal.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN
Inf07	Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura siempre y cuando no tengan efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales. No se permitirá infraestructura de área.	Con la finalidad de prevenir y mitigar cualquier efecto negativo que pudiera modificar la estructura o alterar las funciones de los ecosistemas y recursos naturales a lo largo del trazo, el Proyecto contempla la implementación de un conjunto integral de medidas y acciones ambientales, destacando la **Medida P06** *Manejo integral de residuos generados en la obra*, la **Medida M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*, la **Medida M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*, la **C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*) y la **C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*), la **Medida M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*, la **Medida P11** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*, y la **Medida M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre*.
Inf08	Para la instalación de cualquier proyecto de infraestructura (puntual, lineal y de área), dentro de las consideraciones para la mitigación del impacto ambiental del resolutivo, el promovente recuperará en los predios de compensación en un período no mayor a cinco años un equivalente del total de biomasa forestal que será removido por el proyecto. Las especies utilizadas deberán ser nativas. La autoridad competente presentará al promovente opciones para la ubicación de las acciones de compensación.	La compensación por la remoción de biomasa forestal derivada de la ejecución del Proyecto se implementará mediante la **Medida C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*) y la **Medida C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*), priorizando el uso de especies nativas compatibles con las condiciones ecológicas del sitio de compensación. Las acciones de reforestación se ejecutarán y darán seguimiento durante un periodo no menor a **cinco años** con el objeto de asegurar el establecimiento y desarrollo de la vegetación, favoreciendo la recuperación de la cobertura vegetal y de la biomasa removida. En caso de que la autoridad competente determine un predio específico para la ejecución de estas acciones, el promovente llevará a cabo dichas actividades en el sitio que ésta designe, en estricto cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización correspondiente.
Inf09	La instalación de infraestructura lineal deberá evitar impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola.	Durante la planeación y diseño del Proyecto se definió el trazo de la vía férrea considerando criterios técnicos, ambientales y territoriales, con el propósito de reducir al mínimo la ocupación y fragmentación de superficies con uso agrícola, priorizando, en la medida de lo técnicamente viable, el aprovechamiento de corredores de infraestructura existentes y evitando la ocupación innecesaria de superficies destinadas a actividades agrícolas. Las actividades de preparación del sitio y construcción se desarrollarán exclusivamente dentro del DDV y de las áreas autorizadas para la ejecución del Proyecto, evitando la intervención innecesaria de terrenos agrícolas adyacentes. Asegurando prevenir y limitar los impactos por medio de la **Medida P01** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada*, y la **Medida M02** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal*, para preservar las características físico-químicas de los terrenos colindantes.

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN
Inf10	No se permitirá la instalación de infraestructuras (puntual, lineal y de área) que generen impactos a la imagen urbana y al patrimonio histórico-cultural del centro de población.	El trazo del Proyecto fue definido evitando, en la medida de lo técnicamente posible, los centros de población y zonas con elementos de valor patrimonial, histórico o cultural, por lo que no se prevén impactos significativos a la imagen urbana ni al patrimonio histórico-cultural. En caso de identificarse hallazgos de interés patrimonial, histórico, arqueológico o paleontológico durante las etapas de preparación del sitio o construcción, se suspenderán las actividades en el punto correspondiente y se dará aviso a la autoridad competente para que ésta determine las acciones a seguir, en apego a la normatividad aplicable.
Inf12	Los proyectos de infraestructura (puntual, lineal y de área) que se promuevan en la UGAT consideren la incorporación de vegetación arbórea en las zonas de derecho de vía, camellones y banquetas. Las especies deberán ser nativas y acordes a los diferentes tipos de vialidades, para evitar cualquier tipo de riesgo, desde pérdida de visibilidad, hasta deterioro en las construcciones y banquetas, incluyendo la caída de ramas o derribo de árboles, con raíces superficiales, por efecto del viento.	El criterio está orientado a vialidades urbanas con camellones y banquetas; sin embargo, para el DDV ferroviario se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras descrita en la **Medida C04** (*Cortina vegetal sobre el derecho de vía*), y actividades contenidas en la **Medida M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*). Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. Estas acciones se complementan con los programas de compensación regional: la **Medida C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*) *y la* **Medida C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*).
Inf13	En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación por instituciones académicas y de investigación, así como por un comité colegiado ciudadano.	Como parte de las actividades de prevención, mitigación, compensación y restauración se implementarán las acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre durante el desarrollo del Proyecto, señaladas en la **Medida M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.*
Inf14	La construcción de caminos deberá prever al menos el 50 % de materiales que permitan la infiltración del agua pluvial al subsuelo, los cuales deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados a la dinámica hidráulica natural.	El Proyecto no contempla la construcción de caminos nuevos ni la apertura de accesos adicionales, ya que las actividades se realizarán predominantemente dentro del DDV existente y se emplearán vías de comunicación ya establecidas (carreteras, caminos y terracerías). No obstante, la infraestructura de la vía férrea está conformada por balasto, un material granular permeable que favorece de manera natural la infiltración del agua pluvial al subsuelo. Para asegurar la estabilidad y mantener la dinámica hidrológica natural, el Proyecto contempla la ejecución de la **Medida M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*, complementada con las acciones orientadas a la protección y conservación del entorno.
Inf15	En el caso de que la construcción de infraestructura (puntual, lineal y de área) interrumpa los flujos hidrológicos o para su implementación se requieran volúmenes importantes de agua, la empresa responsable de la construcción deberá presentar un proyecto hídrico avalado por la autoridad competente, que garantice la continuidad del caudal ecológico del flujo interrumpido y la factibilidad del suministro de agua, sin generar afectaciones a los acuíferos del área.	En los sitios donde el trazo del Proyecto cruza con cuerpos o corrientes de agua que pudieran interrumpir los flujos hidrológicos, se ha previsto la ejecución de la **Medida M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.* Adicionalmente, se implementará la **Medida P11** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*, garantizando con ello la continuidad de la dinámica hidrológica natural, el mantenimiento del caudal y la protección de los cuerpos de agua en el AP.
Inf16	Se deberá realizar un estudio para la evaluación de la factibilidad de cada proyecto de infraestructura (puntual, lineal y de área), que integre factores	El Proyecto se sustenta en estudios especializados de factibilidad que integran análisis geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, estructurales y de materiales (Anexo VI). Con

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN
	geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, impacto social y de riesgos, que permitan determinar la infraestructura necesaria para la mitigación de riesgos.	base en los resultados y el modelado de estos factores, se determinó la infraestructura y las acciones necesarias para la prevención y mitigación de riesgos en el área de influencia (AI). En la etapa de ejecución, este enfoque preventivo se materializa a través de la implementación de medidas específicas dictadas por dichos estudios, tales como la **Medida P02** (*Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*) para atender la vulnerabilidad geológica y prevenir deslizamientos, y la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*) para garantizar el manejo adecuado de los escurrimientos y mitigar riesgos hidrológicos por inundación o socavación. Asimismo, estas acciones se refuerzan con la **Medida C05** (*Acciones de Protección y Conservación de Suelos*), asegurando la estabilidad estructural del entorno y cumpliendo integralmente con el enfoque preventivo y de seguridad del criterio.
Inf17	Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura (puntual, lineal y de área) deberán difundirse a las comunidades rurales o localidades involucradas según corresponda.	Durante el procedimiento de evaluación del impacto ambiental, la MIA-R será presentada ante la autoridad competente, sujetándose a los mecanismos de acceso a la información y participación pública previstos en la legislación ambiental aplicable, incluyendo aquellos procedimientos de difusión y consulta que, en su caso, determine la autoridad. De manera complementaria, previo y durante la ejecución de las obras, el promovente mantendrá comunicación con los propietarios, poseedores y demás personas directamente involucradas en predios aledaños donde se desarrollará el Proyecto, informando oportunamente sobre las actividades constructivas, las medidas ambientales que serán implementadas y las acciones necesarias para garantizar la seguridad durante la ejecución de los trabajos. Con ello, se da cumplimiento al criterio orientado a difundir las medidas, obras y acciones asociadas al desarrollo del Proyecto entre las localidades involucradas.

El PMDUyOET realizó un marco estratégico que identifica los espacios en materia ambiental, territorial, urbana, social y económica, mismo que integra estrategias con objetivos particulares, acciones, programas y proyectos que incidan sobre la problemática detectada en cada UGAT.

En la siguiente tabla se vinculan las estrategias de las 15 UGAT en las que incide el Proyecto y que son aplicables al mismo.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla 0.16. Vinculación con las Estrategias para el PMDUyOET. Elaboración propia

CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN
Esa03	Restauración ecológica	Para dar cumplimiento a la restauración ecológica en las superficies afectadas por el trazo de la obra ferroviaria, el Proyecto integra el Programa de Compensación zona el Bajío, el Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales, así como el Protocolo de Restauración específico para el tramo correspondiente al ANP Estatal Formación Natural de las Barrancas de los Ríos Santiago y Verde. Estas acciones se ejecutan utilizando especies nativas propias de la región para recuperar la cobertura vegetal, la conectividad y las funciones ecológicas en el área de influencia del Proyecto, apoyándose en las **Medidas: M02** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal*, **P01** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada* , **P02** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*, **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*, **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre* y las medidas compensatorias: **C01** *Programa de Compensación zona el Bajío*, **C02** *Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*, y la **C08** *Acciones de Compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde.*
Esa04	Mantenimiento de los bienes y servicios ambientales	La pérdida temporal de bienes y servicios ambientales derivada del CUSTF, requerida para las etapas de preparación y construcción del Proyecto, se compensará mediante la aplicación de la **Medida C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*), **C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*) y la **M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*). Estas acciones incluyen la implementación de reforestación lineal en hileras (**Medida C04** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía*) en superficies especificas ubicadas a lo largo del trazo del Proyecto, restituyendo así la cobertura vegetal y las funciones ecológicas de la zona.
Esa05	Conservación y restauración de suelos	Para garantizar la conservación y restauración de los suelos, las actividades del Proyecto se desarrollarán estrictamente dentro del DDV autorizado, evitando perturbaciones adicionales en terrenos adyacentes. Se implementarán la **Medida M01** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica* y la **Medida M02** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal* para el manejo adecuado de las capas fértiles. Adicionalmente, el uso de balastro permeable y la ejecución de la **Medida M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*, y la aplicación de la **Medida C05** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos* contribuirán de forma directa a preservar la estabilidad, prevenir procesos erosivos y mantener la capacidad de infiltración del suelo.
Esa07	Conectividad de ecosistemas	El Proyecto contempla medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, orientadas a garantizar la conectividad de los ecosistemas, destacando la implementación de la **Medida C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*), la **Medida C04** (*Cortina vegetal sobre el derecho de vía*) para el establecimiento de reforestación lineal en hileras, y la **Medida M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*), para mitigar la fragmentación del hábitat, se integra la **Medida M09** (*Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre*) en los tramos donde el trazo interrumpe corredores biológicos identificados, complementándose con la **Medida M06** (*Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*).
Esa10	Investigación ecológica y educación ambiental	Para fomentar la investigación ecológica y la educación ambiental, el Proyecto generará información de campo fundamental para acrecentar el conocimiento científico de la biodiversidad local y regional. Esta estrategia se materializará mediante la implementación de la **Medida P08** (*Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal*), asegurando la difusión de buenas prácticas y la sensibilización sobre la importancia de los recursos naturales durante todas las etapas de la obra.

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN
Esa11	Conservación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos	El Proyecto ferroviario implementará la **Medida M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal* para garantizar la continuidad de los escurrimientos naturales y prevenir alteraciones en el régimen hidrológico. El suministro de agua requerido para actividades de humectación (vinculado a la **Medida M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso*), y para los servicios básicos del personal (sanitarios) se realizará exclusivamente mediante proveedores externos autorizados utilizando preferentemente agua tratada, mediante la aplicación de la **Medida P07** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo* y la **Medida P11** *(Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes),* asegurando la integridad hidrológica en el área de influencia del Proyecto. Con esto se evita cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y se previene la presión adicional sobre los acuíferos de la región.
Esa12	Restauración y rescate de ecosistemas ribereños y acuáticos	Para la restauración y rescate de ecosistemas ribereños y acuáticos (en caso de localizarse), el Proyecto implementará la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*) para garantizar la continuidad de los escurrimientos naturales y prevenir alteraciones en el régimen hidrológico. El suministro de agua requerido para las actividades de humectación y los servicios básicos del personal se realizará exclusivamente mediante proveedores externos autorizados utilizando preferentemente agua tratada y la **Medida P07** (*Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo*), apoyándose en la **Medida M04** (*Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo*), evitando así cualquier aprovechamiento directo de cuerpos de agua locales y previniendo presión sobre los acuíferos de la región. Para la salvaguarda de la flora y fauna asociadas a estos entornos, se aplicarán la **Medida M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*) y la **Medida M06** (*Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre*), complementadas con el seguimiento puntual mediante la **Medida P11** (*Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*) para asegurar la integridad de los cuerpos hídricos durante el desarrollo de la obra.
Esa13	Gestión integral del agua	El Proyecto contempla un uso racional del recurso durante todas sus etapas y actividades. El abastecimiento de agua requerido para las actividades de humectación y los servicios básicos del personal se realizará exclusivamente a través de proveedores externos autorizados y utilizando preferentemente agua tratada, mediante la aplicación de la **Medida M04** (*Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo*) y la **Medida P07** (*Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo*). Para asegurar la conducción natural del flujo hídrico y evitar alteraciones en el régimen hidrológico a través del trazo, se implementará la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*), complementada con la **Medida P11** (*Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*) para garantizar la protección de los cuerpos hídricos regionales.

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN
Esa14	Control de emisiones	El Proyecto destaca como una alternativa de menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el transporte carretero equivalente. Durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, se implementarán medidas específicas para mitigar la generación de polvo, ruido y gases de combustión provenientes de vehículos y maquinaria, mediante la aplicación de la **Medida M04** (*Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo),* la **Medida M05** (*Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales),* la **Medida P04** (*Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra)* y la **Medida P09** (*Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles).*
Esa15	Manejo integral de residuos sólidos	Los materiales generados durante las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento serán clasificados, separados y almacenados temporalmente de manera adecuada antes de ser entregados a empresas autorizadas para su recolección, transporte y disposición final, conforme a la normatividad ambiental aplicable. Estas acciones se ejecutarán mediante la aplicación de la **Medida P05** (*Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos – ATRP*) para los residuos de carácter peligroso y la **Medida P06** (*Manejo integral de residuos generados en la obra*) *para los residuos sólidos urbanos y de manejo especial,* complementándose con la **Medida M01** (*Retiro de material excedente y reconformación topográfica*) y la **Medida P07** (*Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo*) para asegurar el control total de los desechos de la obra.
Esa17	Mitigación de efectos negativos del cambio climático	El Proyecto, al constituir una alternativa de transporte masivo de pasajeros, contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por pasajero transportado en comparación con el transporte carretero equivalente; adicionalmente, las acciones de reforestación previstas en los protocolos ambientales del Proyecto favorecen la captura de carbono.
Esa18	Adaptación al cambio climático	El fortalecimiento de la infraestructura y operación del Proyecto promueve una alternativa de movilidad y transporte altamente eficiente que genera menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros sistemas de transporte terrestre convencionales. Estas acciones contribuyen directamente a las estrategias nacionales de mitigación climática, complementándose con el mantenimiento preventivo del material rodante y la infraestructura mediante la **Medida P10** (*Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria*) y el control de emisiones en los frentes de trabajo a través de la **Medida P04** (*Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra*), además del apoyo de la **Medida M11** (*Acciones de monitoreo de la calidad del Aire*).
Esa19	Gestión integral de riesgos naturales	Para la gestión integral de riesgos naturales, el Proyecto se atenderá mediante los estudios geotécnicos, hidráulicos e hidrológicos contemplados en el Proyecto (Anexo VI), los cuales permitirán identificar y mitigar riesgos naturales a lo largo del trazo. Estas acciones se complementarán con la aplicación de la **Medida P02** (*Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*), la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal)* para asegurar la correcta conducción de escurrimientos, y la **Medida C05** (*Acciones de Protección* y *Conservación de Suelos*) para salvaguardar la estabilidad estructural ante eventos hidrometeorológicos y geológicos.

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN
Ede12	Desarrollo tecnológico e innovación	La planeación del Proyecto se apoyó en herramientas tecnológicas para la caracterización ambiental y territorial, permitiendo optimizar el diseño de la infraestructura y seleccionar alternativas que reducen la ocupación del suelo y los impactos sobre los recursos naturales. Estas herramientas permiten optimizar el trazo, incrementar la seguridad operacional y reducir los impactos ambientales y sociales asociados al Proyecto. Durante la ejecución del Proyecto se implementarán tecnologías, procedimientos constructivos y prácticas de gestión ambiental orientadas a prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos ambientales, conforme a las **Medida M06** (*Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna* Silvestre), la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*), la **Medida M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*), la **Medida M09** (*Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre*), la **Medida P11** (*Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*), la **Medida C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*) y la **Medida C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*). Lo anterior contribuye al desarrollo de infraestructura ferroviaria con criterios de innovación tecnológica, eficiencia y sustentabilidad.
Ede13	Desarrollo de clúster económicos estratégicos	El Proyecto puede contribuir al fortalecimiento de clústeres económicos regionales al mejorar la conectividad interestatal; sin embargo, no es un objetivo directo del Proyecto.
Esu01	Ciudades y comunidades sustentables e incluyentes	El Proyecto mejorará sustancialmente la conectividad regional mediante su infraestructura ferroviaria, favoreciendo la movilidad eficiente de la población entre los estados de Jalisco y Guanajuato. Si bien la obra promueve una alternativa de transporte de pasajeros interurbano que contribuye al bienestar regional (aclarando que no constituye un proyecto de desarrollo urbano en sí mismo), su integración armónica con el entorno se consolidará mediante la implementación de medidas de integración paisajística, la restitución de elementos urbanos o rurales y la participación social ciudadana con las comunidades locales y usuarias. Estas acciones se articularán a través de la **Medida C04** (*Cortina vegetal sobre el derecho de vía*) para la mejora visual y ambiental, y se complementarán con esquemas de vinculación comunitaria y el Programa de Comunicación Social, asegurando una interacción transparente, el respeto al tejido social y una adecuada convivencia con las poblaciones locales a lo largo del corredor
Esu02	Desarrollo ordenado de los usos en el ámbito urbano	El Proyecto consiste en la construcción de una vía férrea cuyo trazo fue definido considerando los instrumentos de planeación territorial y urbana aplicables, procurando su integración armónica con la infraestructura existente y con los usos de suelo previstos para la zona. Su desarrollo se limitará estrictamente al DDV y a las áreas autorizadas para la ejecución de las obras, evitando inducir cambios desordenados en el patrón de ocupación del territorio o en los usos del suelo circundantes. Como infraestructura estratégica que fortalece la conectividad regional y la movilidad ferroviaria, el Proyecto resulta congruente con los objetivos del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial y con las políticas de ordenamiento de los municipios involucrados. Durante su ejecución, se aplicarán de forma articulada las medidas ambientales para prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos, apoyándose en la delimitación estricta de las áreas de trabajo y en acciones de integración paisajística y restitución urbana (como la **Medida C04**, *Cortina vegetal sobre el derecho de vía*), garantizando así que la infraestructura ferroviaria se desarrolle de manera ordenada, segura y compatible con su entorno.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN
Esu03	Regeneración urbana	El Proyecto contribuye al fortalecimiento de la infraestructura como un elemento estratégico para la movilidad y la conectividad regional, favoreciendo un desarrollo territorial más eficiente y ordenado. Si bien su objetivo principal no consiste en la regeneración directa de áreas urbanas, la modernización de la red ferroviaria promueve mejores condiciones para la integración funcional del territorio, incrementando la accesibilidad y favoreciendo el aprovechamiento planificado de las zonas urbanas y periurbanas vinculadas al trazo. Durante su ejecución, se implementarán de forma articulada las medidas y acciones ambientales previstas para prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos, vinculando la **Medida C01** (*Programa de Compensación zona el Bajío*), la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*), la **Medida M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*), la **Medida M09** (*Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre*), la **Medida P11** (*Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*) y las Acciones de Compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde (**Medida C08**). Estas acciones contribuyen de manera directa a la recuperación de las condiciones ambientales del entorno urbano y periurbano, garantizando la protección de los recursos naturales y favoreciendo una adecuada integración paisajística de la infraestructura con las comunidades y centros de población.
Esu06	Conservación del patrimonio histórico y cultural	No se prevén afectaciones a alguna zona arqueológica, sin embargo, en caso de que el trazo incida sobre elementos de valor histórico, arqueológico o cultural o se lleguen a encontrar vestigios arqueológicos, el Promovente obtendrá el Permiso para la realización de obras y la liberación del sitio ante el INAH.
Esu14	Fortalecimiento del sistema de transporte colectivo	El Proyecto permitirá reactivar y fortalecer el transporte ferroviario de pasajeros y carga, promoviendo alternativas de movilidad regional.
Eds01	Inclusión social	El Proyecto favorecerá la conectividad y accesibilidad regional de la población mediante el fortalecimiento del sistema ferroviario existente.
Eds02	Atención a grupos vulnerables	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto se implementarán medidas de seguridad, señalización y control de accesos con la finalidad de proteger a la población ubicada en el área de influencia, prestando especial atención a los grupos vulnerables que pudieran verse expuestos a las actividades constructivas o a la operación de la infraestructura ferroviaria. El promovente mantendrá comunicación con las autoridades locales y con los habitantes directamente involucrados cuando la ejecución de las obras así lo requiera, informando oportunamente sobre las actividades programadas, restricciones temporales de acceso y medidas de seguridad aplicables. Estas acciones contribuirán a reducir riesgos para la población y a favorecer un desarrollo del Proyecto con responsabilidad social y en apego a la estrategia de atención a grupos vulnerables.
Eds03	Desarrollo de centros de población marginados	El fortalecimiento de la conectividad ferroviaria puede favorecer el acceso de la población a servicios, empleo y oportunidades económicas regionales.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	ESTRATEGIA	VINCULACIÓN
Eds07	Accesibilidad universal	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto se implementarán medidas de señalización preventiva, control de accesos y manejo del tránsito peatonal y vehicular, con el propósito de mantener condiciones seguras de movilidad para la población en las zonas donde se desarrollen las obras. En los casos en que las actividades constructivas interfieran temporalmente con vialidades o accesos existentes, se establecerán las medidas necesarias para conservar su funcionalidad y reducir las molestias a la población, prestando especial atención a las personas con discapacidad, personas adultas mayores, niñas, niños y demás grupos que pudieran presentar condiciones de vulnerabilidad. El Proyecto contempla la construcción o adecuación de obras complementarias de uso público, éstas se desarrollarán conforme a la normatividad técnica aplicable en materia de accesibilidad universal, dentro del alcance y características del Proyecto. Con ello, se contribuye al cumplimiento de la estrategia de accesibilidad universal, favoreciendo condiciones de movilidad seguras e incluyentes.
Eds08	Equidad de género	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, el Proyecto promoverá un ambiente laboral basado en los principios de igualdad de oportunidades, no discriminación y respeto a los derechos de las personas trabajadoras, favoreciendo la participación del personal con base en sus competencias y experiencia, sin distinción por motivo de género. El promovente procurará que los procesos de contratación, capacitación y desempeño de las actividades se desarrollen bajo criterios de equidad, garantizando condiciones de trabajo seguras y el cumplimiento de la normatividad laboral aplicable. Con ello, el Proyecto es congruente con la estrategia de promover la equidad de género en el desarrollo de las actividades productivas y de infraestructura.

CONSULTA PÚBLICA





B) ESTADO DE JALISCO

II.3.7 *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco (POET)*

Fecha de expedición: 28 de julio de 2001.
Fecha de última actualización / reforma: 27 de julio de 2006.
Fuente de consulta y publicación: SIGAT - SEMADET. https://siga.jalisco.gob.mx/moet/.
SIORE https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/uga_oe2/

El Ordenamiento Ecológico Territorial en el estado de Jalisco (POET Jalisco) encuentra su fundamento legal en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y en la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEEPA), atribuyendo al Gobierno del Estado la facultad de formular, expedir y evaluar los instrumentos de planeación ambiental. El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco fue expedido mediante decreto el 28 de julio de 2001 y actualizado el 27 de julio de 2006. Este instrumento estructuró su modelo general a escala 1:250,000 para todo el territorio estatal e incorporó ventanas de atención prioritaria a escala 1:50,000 en regiones específicas, con el propósito de regular el uso del suelo, orientar la localización de actividades productivas y ordenar los asentamientos humanos bajo criterios de sustentabilidad.

Bajo este marco general, el ordenamiento ecológico se concreta mediante la división del territorio en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), las cuales representan la unidad mínima de análisis espacial. A cada UGA se le asignan políticas ambientales específicas (protección, preservación, restauración o aprovechamiento sustentable) y criterios de regulación ecológica sectorial; tales como agricultura, pecuario, forestal, urbano e infraestructura, para asegurar que cualquier obra o Proyecto de desarrollo mantenga congruencia con la capacidad de carga y la conservación de los recursos naturales de la región.

Se realizo el análisis de las UGA por donde atraviesa el trazo del Proyecto, se identificaron 7 **Unidades de Gestión Ambiental** ($Ag_3$146A, $Ag_4$127A, $Ah_4$136C, $Anp_3$209P, $Ff_5$140R, $P_3$156A y $P_4$162R) de las cuales solo se tomaron aquellos criterios vinculantes con el Proyecto que son aquellos que corresponde a **Infraestructura (If)**:

- **$Ag_3$146A**

No aplica con criterios específicos de If. Al tratarse de una UGA con predominio agrícola y política de aprovechamiento sustentable medio, los criterios normativos enlistados no incluyen directrices directas para vías generales de comunicación. No obstante, el Proyecto se desarrolla bajo un estricto cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable, integrando medidas de mitigación y gestión de riesgos para asegurar la compatibilidad con el entorno y salvaguardar los recursos de la región durante todas sus etapas.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.99. **Descripción de la UGA Ag3146A. Elaboración propia.**

REG.	UGA	CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPAT.	CRITERIOS
3	Ag3 146A	Ag	3	146	A	Media	Aprovechamiento	Agrícola	-	Pecuario Asentamientos Humanos Flora y Fauna Industria	-	Ag 3, 8, 9, 19, 29, 30, 11, 12, 10. P 1, 15, 17, 19. Ah 8, 13, 26. Ff 3, 21. In 2, 3, 4, 5, 7, 20.

- **Ag4127A**

El Proyecto se encuentra contemplado dentro de los usos condicionados de tipo Infraestructura para esta UGA, manteniendo congruencia con la política de aprovechamiento y el límite sustentable alto de la región.

Tabla II.100. **Descripción de la UGA Ag4127A. Elaboración propia.**

REG.	UGA	CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
12	Ag4 127 a	Ag	4	127	A	Alta	Aprovechamiento	Agrícola	-	Asentamientos Humanos, Infraestructura	-	Ag 5, 11, 15, 18, 19, 25, 26. P 15, 16, 19. Ah 10, 11, 13, 19, 26. If 5. In 1, 16, 10, 11, 13, 19. Min 1, 9, 10, 11, 12, 13.

- **Ah4136C**

El Proyecto se sitúa en esta UGA con política de conservación y uso predominante de asentamientos humanos. Al tratarse de una obra lineal de transporte, su trazo y operación se adaptan a las directrices de la zona, cumpliendo con las condicionantes ambientales requeridas para salvaguardar el entorno.

Tabla II.101. **Descripción de la UGA Ah4136C. Elaboración propia.**

REG.	UGA	CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
12	Ah4136 C	Ah	4	136	C	Alta	Conservación	Asentamientos Humanos	-	Agricultura Flora y Fauna Minería	-	Ah 1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 21, 22, 23, 32. Ag 5, 11, 12, 25, 26. Ff 17. An 6, 18. If 15. In 2, 3, 4, 5, 7, 9, 14, 18, 20. If 5, 8, 9, 21, 22. P 20.

CONSULTA PÚBLICA



- **Anp$_3$209P**

El Proyecto se analiza bajo el contexto de esta UGA de protección con predominio de ANP. Aunque no existan criterios específicos de If, el Proyecto se vincula mediante el cumplimiento estricto de las disposiciones generales de protección ambiental, asegurando que las obras y actividades en el DDV respeten los objetivos de conservación del ANP y eviten alteraciones severas sobre los componentes de flora, fauna y los recursos naturales de la región.

Tabla II.102. **Descripción de la UGA Anp$_3$209P. Elaboración propia.**

REG.	UGA	CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
12	Anp3209P	ANP	3	209	P	Media	Protección	Área Natural Protegida	Flora y Fauna	Turismo Asentamientos Humanos Agrícola	-	An 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 19. Ff 6, 10, 11, 15, 16, 18, 24, 23. Tu 8, 11, 20, 5, 16. Ah 9, 11, 13, 14, 35. Ag 2, 7, 10, 15, 18, 28.

- **Ff$_5$140R**

Aunque no existan criterios normativos específicos de If, el Proyecto se vincula mediante el cumplimiento estricto de las medidas generales de protección ambiental, asegurando que las actividades asociadas al DDV no interfieran con los objetivos de recuperación y restauración ecológica de la zona.

Tabla II.103. **Descripción de la UGA Ff$_5$140R. Elaboración propia.**

CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
Ff	5	140	R	Muy Alta	Restauración	Flora y Fauna	-	Agrícola Pecuario Asentamientos Humanos Minería Acuacultura	-	Ff 10, 17, 18, 19, 21. Ag 5, 10, 11, 12, 19, 25. P 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22. Ah 9, 13, 24. Mi 1, 10, 11, 12, 13. Ac 1, 3, 4, 5, 6.

- **P$_3$156A**

El Proyecto se analiza bajo el contexto de esta UGA de aprovechamiento con predominio pecuario. Dado que no existen criterios normativos específicos de If, el Proyecto se vincula mediante el cumplimiento general de las disposiciones de protección y manejo ambiental, asegurando que las actividades de construcción y operación dentro del DDV se desarrollen de manera compatible con el entorno agropecuario y eviten afectaciones severas sobre los recursos de la zona.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.104. **Descripción de la UGA P3156A. Elaboración propia.**

REG.	UGA	CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
3	P3 156 A	P	3	156	A	Media	Aprovechamiento	Pecuario	Agrícola	Flora y Fauna Asentamientos Humanos	-	P 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22. Ff 21. Ah 19.

- **P4162R**

El Proyecto se encuentra clasificado bajo un uso condicionado de infraestructura en esta UGA. Por lo tanto, su desarrollo es viable y plenamente compatible siempre y cuando se acaten las condicionantes ambientales orientadas a la recuperación y restauración del área.

Tabla II.105. **Descripción de la UGA P4162R. Elaboración propia.**

REG.	UGA	CLAV. USO PRED.	CLAVE LÍMITE	NUM. DE UGA	CLAVE POLITICA TERR.	LIM. SUST.	POLÍTICA TERRITORIAL	USO DEL SUELO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
3	P4 162 R	P	4	162	R	ALTA	Restauración	Pecuario	Agrícola	Flora y Fauna Asentamientos Humanos Infraestructura	-	P 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22. Ag 1, 6, 11, 25. Ff 10, 21. Ah 8, 10, 11, 14, 19,26, 24,

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 1.90 % incide dentro de la UGA Ag 3 146 A, seguido de la UGA P 4 162 R con un 0.93 %, y de la UGA Ff 5 140 R con un 0.77 %. En tanto, el resto de UGAs presentó incidencias menores al 0.6 %, mientras que el 95.53 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.106. Porcentaje de incidencia dentro del POET de Jalisco. Elaboración propia.

UGA	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Ag 3 146 A	187,214	1.90
Ag 4 127 A	8,836	0.09
Ah 4 136 C	16,287	0.17
Anp 3 209 P	3,404	0.03
Ff 5 140 R	76,217	0.77
P 3 156 A	57,016	0.58
P 4 162 R	91,054	0.93
Sin incidencia	9,394,442	95.53
Total	**9,834,472**	**100.00**

La figura siguiente corresponde a la clasificación de las UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco y el trazo del proyecto:

CONSULTA PÚBLICA

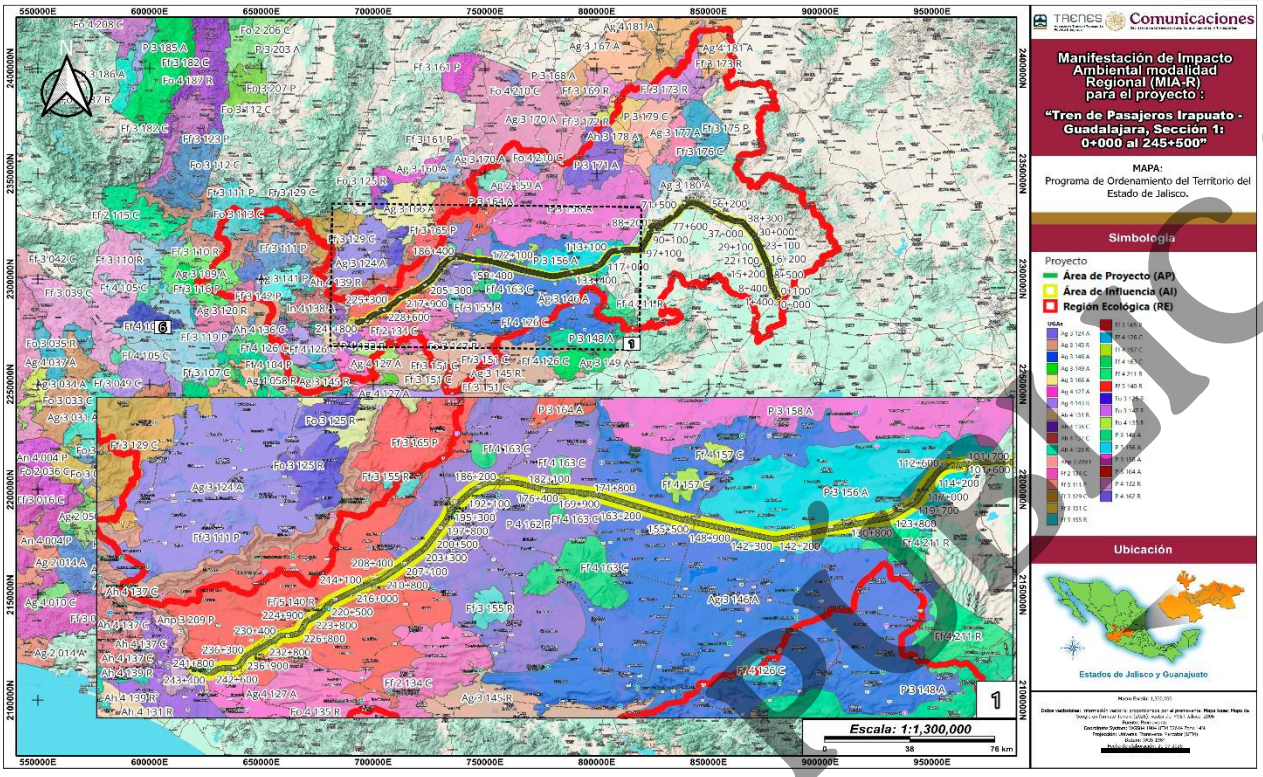


Figura II.7. **Trazo del Proyecto en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco. Elaboración propia.**

En la siguiente tabla se presentan los criterios de Infraestructura y las UGA que los contienen (los criterios y la descripción especifica de cada UGA se encuentra en el anexo II.1 para su consulta):

Tabla II.107. Criterios ecológicos del POET Jalisco de Infraestructura y su vinculación con el Proyecto. Elaboración propia.

Infraestructura (If)			
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**	**UGA**
If4	El establecimiento de infraestructura considerará la generación de posibles riesgos	El establecimiento de infraestructura considerará la generación de posibles riesgos. La construcción y operación de la infraestructura ferroviaria se diseñará bajo criterios de prevención y mitigación de riesgos, incorporando análisis técnicos de vulnerabilidad y seguridad operativa en el DDV y zonas aledañas conforme a la normatividad aplicable. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*	P4162R
If5	Promover e impulsar el aprovechamiento de energía solar como fuente de energía.	No aplica. El establecimiento y operación de un sistema de transporte ferroviario de pasajeros se encuentra fuera de los alcances de fomento y generación masiva de energía solar; sin embargo, el Proyecto evaluará la viabilidad de incorporar sistemas de iluminación fotovoltaica en áreas de servicio o infraestructura auxiliar donde resulte técnica y operativamente factible, conforme a los lineamientos de eficiencia energética. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ag4127A, Ah4136C
If8	Se considerará como deseable el tendido de líneas de	No aplica. Al tratarse de un Proyecto ferroviario, este contará con su propio sistema integral de telecomunicaciones, el cual	Ah4136C

CONSULTA PÚBLICA

Infraestructura (If)			
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**	**UGA**
	comunicación en forma subterránea.	se proyectará y ejecutará conforme a los diseños de ingeniería específicos de la infraestructura y a la normatividad técnica aplicable en la materia, priorizando la seguridad y continuidad operativa. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	
If9	Establecer un sistema de señalización en las líneas de conducción y transporte donde se ubiquen condiciones de riesgo.	Establecer un sistema de señalización en las líneas de conducción y transporte donde se ubiquen condiciones de riesgo. El Proyecto ferroviario se alinea con este criterio mediante la implementación de un sistema integral de señalización preventiva y operativa a lo largo de su infraestructura y DDV, diseñado para advertir sobre condiciones de riesgo y garantizar la seguridad operativa conforme a la normatividad aplicable. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*	Ah4136C
If15	Realizar el transporte de residuos peligrosos en vías de alta seguridad.	No aplica. El promovente no realizará el transporte directo de residuos peligrosos. Los residuos peligrosos que pudiesen generarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán debidamente clasificados y almacenados temporalmente en sitios adecuados, conforme a la normatividad ambiental aplicable. Su recolección, transporte y disposición o confinamiento final estarán a cargo de una empresa especializada y debidamente autorizada por la autoridad competente, implementando en todo momento los protocolos correspondientes para su manejo integral de acuerdo con la **Medida P06** (*Manejo integral de residuos generados en la obra*). **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*	Ah4136C
If17	Realizar la limpia de vías de comunicación, utilizando métodos sin uso del fuego	Durante todas las etapas y actividades del Proyecto queda estrictamente prohibido el uso del fuego. En consecuencia, las labores de limpieza, mantenimiento y despeje del DDV y de la infraestructura ferroviaria se ejecutarán exclusivamente mediante métodos mecánicos y manuales, evitando cualquier práctica de quema que represente un riesgo de incendio forestal o alteración ambiental en las zonas de influencia. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P08.** *Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal.*	Ag3141P
If21	Promover e impulsar adecuaciones de la infraestructura industrial para la atención de emergencias químico-tecnológicas e hidrometeorológicas	No aplica. El Proyecto ferroviario no corresponde a infraestructura industrial; no obstante, en el marco de su gestión integral de riesgos y operación, implementará protocolos de respuesta a emergencias y planes de contingencia adecuados para salvaguardar sus instalaciones y el entorno ante posibles eventualidades. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P08.** *Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal.*	Ah4136C
If22	Las áreas urbanas y/o turísticas deben contar con infraestructura para la captación del agua pluvial.	No aplica. Debido a la naturaleza del Proyecto (infraestructura ferroviaria de transporte y no un desarrollo urbano o turístico), la instalación de sistemas masivos de captación pluvial en áreas urbanas o turísticas se encuentra fuera de los alcances y la	Ah4136C

CONSULTA PÚBLICA

Infraestructura (If)			
CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO	UGA
		normatividad aplicable al promovente; no obstante, el Proyecto contará con obras especializadas de drenaje pluvial para el manejo y control de escurrimientos en el DDV e instalaciones propias. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*	

Unidades con compatibilidad directa y uso condicionado/compatible de infraestructura:

- **Ag4127A, Ah4136C y P4162R:** El Proyecto se ubica dentro de los usos condicionados de infraestructura, asegurando su viabilidad mediante el acatamiento de las condicionantes ambientales de la zona.

Unidades **sin criterios** específicos de infraestructura (If):

- **Ag3146A, Anp3209P, Ff5140R y P3156A:** Aunque no enlistan directrices directas para vías generales de comunicación (en contextos agrícolas, de asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, forestales o pecuarios), el Proyecto garantiza su compatibilidad mediante la integración de medidas preventivas, de mitigación, de restauración y de compensación que ayudaran al manejo de recursos naturales del área y de seguridad operativa, asegurando que las obras dentro del DDV no interfieran con los objetivos de conservación, restauración y desarrollo sustentable de cada región.

El análisis de vinculación del Proyecto con el POET del Estado de Jalisco **confirma la viabilidad** ambiental y normativa de la obra a lo largo de las 7 Unidades de Gestión Ambiental evaluadas. Si bien algunas unidades no contemplan directrices específicas de infraestructura en sus criterios normativos, el Proyecto garantiza la compatibilidad regional mediante la adopción de medidas estrictas para la prevención, mitigación, restauración y compensación de los impactos derivados de sus etapas. De este modo, se asegura que las actividades desarrolladas dentro del DDV mantengan absoluta concordancia con los objetivos de protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable definidos para cada entorno territorial (cuyas descripciones detalladas se consultan en el anexo II.

Para dar continuidad a la evaluación de los instrumentos de planeación aplicables, se incorporó el análisis a **escala regional** correspondiente a las zonas norte y los altos de la entidad. En este sentido, se detalla la vinculación con el **Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional (POETR) de la Región Altos Norte**, el **POETR de la Cuenca Baja del Río Verde y el POETR de la Cuenca del Río Zula**. Estos instrumentos definen las directrices específicas de conservación, aprovechamiento y restauración ecológica para los municipios que atraviesa el trazo del Proyecto, asegurando la compatibilidad de la infraestructura con los objetivos ambientales y de desarrollo sustentable regionales. Se ratifica que, si bien se trata de un Proyecto de jurisdicción federal, la obra cumple cabalmente con la normatividad local y municipal en estricto apego a las atribuciones y derechos de las entidades.

CONSULTA PÚBLICA

II.3.8 *Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Altos Norte (POER Región Altos Norte)*

Fecha de expedición 12 de marzo de 2020.
Fuente de consulta: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET).
https://ordenamientoterritorial.jalisco.gob.mx/altosnorte

El POER Región Altos Norte fue formulado para atender el evidente deterioro ambiental acumulado por actividades tradicionales en los municipios de Encarnación de Díaz, Lagos de Moreno, Ojuelos de Jalisco, San Diego de Alejandría, San Juan de los Lagos, Teocaltiche, Unión de San Antonio y Villa Hidalgo. Este instrumento contó con el apoyo técnico y financiero de la SEMARNAT para cumplir con las metas nacionales de ordenamiento territorial y adaptación al cambio climático. Una vez expedido por el Gobierno del Estado, el POERAN establece las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y los criterios normativos que el Proyecto ferroviario debe observar para garantizar la compatibilidad de sus obras y proteger los ecosistemas regionales.

El trazo del Proyecto ferroviario atraviesa las **UGA Ff237R** y **Ff342A**, las cuales delimitan el marco de regulación ecológica aplicable en su recorrido. De acuerdo con el POERAN, estas unidades establecen las directrices de uso de suelo y los criterios ambientales para la región. Cabe destacar que, para efectos del presente análisis y debido a la naturaleza de la obra, en este capítulo se vinculan y evalúan exclusivamente los criterios ecológicos correspondientes al sector de **Infraestructura (If)**, garantizando así la compatibilidad del Proyecto con los objetivos de desarrollo sustentable establecidos.

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 2.67 % incide dentro de la Ff3 42 A, seguido de la UGA Ff2 37 R con un 0.89 %. En tanto, el 96.44 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.108. Porcentaje de incidencia dentro del POER Región Altos Norte. Elaboración propia.

UGA	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Ff2 37 R	87,566	0.89
Ff3 42 A	262,118	2.67
Sin incidencia	9,484,788	96.44
Total	**9,834,472**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA

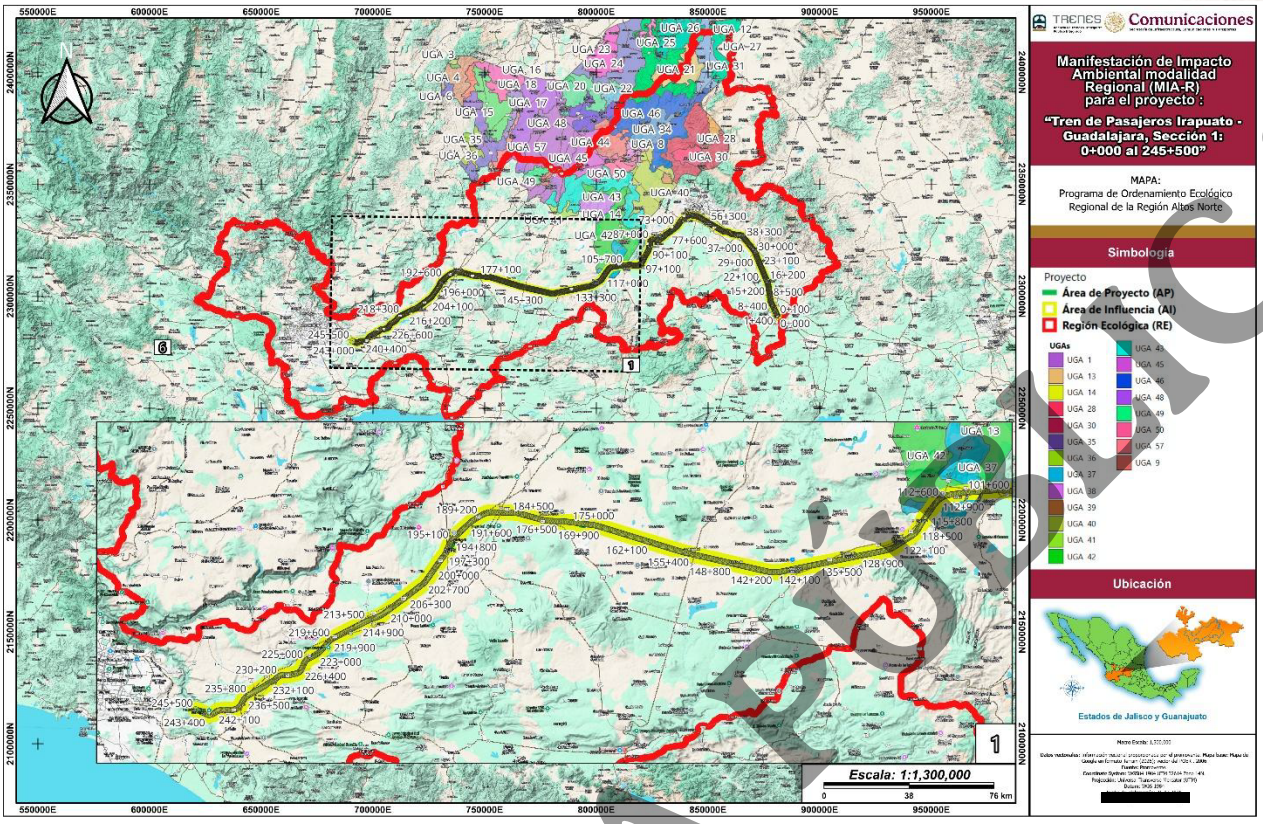


Figura II.8. **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Altos Norte y el trazo del Proyecto. Elaboración propia.**

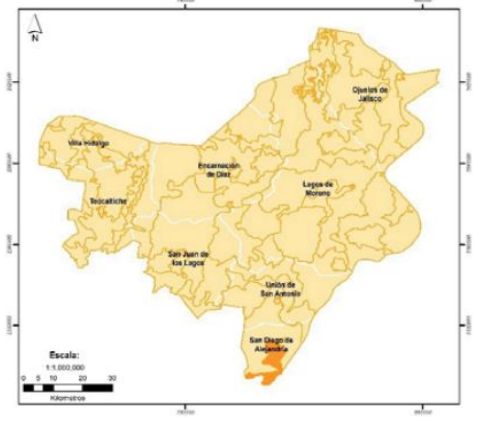
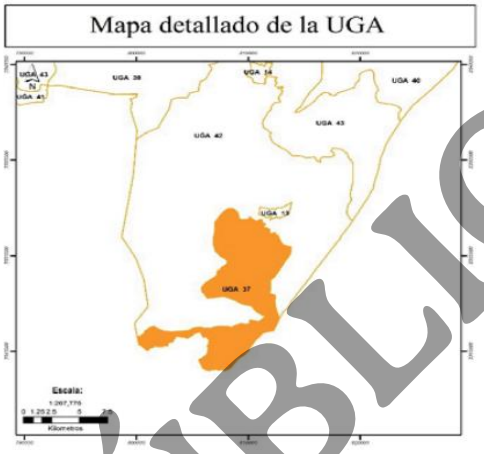
A continuación, se presentan los componentes y el diagnóstico de las UGA involucradas:

Tabla II.109. **Usos y criterios de la UGA Ff237R. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUMERO DE UGA	POLITICA AMBIENTAL	USO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
1:50,000	Ff2 37 R	Ff	2	37	Reforestación	Flora y fauna	Agricultura Pecuario Turismo Minería	Asentamientos humanos	Ag: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16. Cc: 4, 5, 6, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20. Ff: 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25. In: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9. Mi: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9. P: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23. Tu: 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 14.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.110. **Descripción de la UGA Ff2 37 R – Escalones de Alejandría. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th colspan="2">Ff_2 37 R – Escalones de Alejandría</th></tr>
<tr><td>Ubicación de la UGA en la Región
</td><td>Mapa detallado de la UGA
</td></tr>
<tr><td colspan="2">DIAGNOSTICO Y LINEAMIENTOS</td></tr>
<tr><td>Superficie: 7,968 ha.</td><td>Lineamientos ecológicos:</td></tr>
<tr><td>Cobertura: Agricultura: 1,091 ha (14%). Bosque: 1,307 ha (17%), Cuerpos de Agua: 541 ha (7%), Pastizal: 858 ha (11%), Selvas: 4,036 ha (51%), Zona Urbana: 133 ha (2%).</td><td>En un plazo de 3 años reforestar los terrenos que sean preferentemente forestales y conservar 5,343 hectáreas (68%) de bosque y selvas y mantenerlas, en especial la vegetación cercana a cuerpos de aguas.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes): Cañada Honda. San Diego de Alejandría. La Ladera. Población Total: 58 habitantes (2010).</td></tr>
<tr><td></td><td>Metas complementarias:</td></tr>
<tr><td>Hectáreas de UGA que son áreas prioritarias para la conservación: 5,091 ha (66.2%)</td><td rowspan="5">Aprovechar sustentablemente 1,091 hectáreas (14%) de agricultura, respetando el pastizal nativo, bajo un sistema integral como el agrosilvopastoril en un plazo de 10 años.
Aprovechar 858 hectáreas (11%) de pastizal para actividades pecuarias, así mismo recuperar y reforestar los terrenos que sean preferentemente forestales en un plazo de 5 años.
Implementar medidas para la recarga del acuífero San Diego de Alejandría, en 6,485 hectáreas (84.33%), a través del uso de buenas prácticas internacionales (Programa Hidrológico Internacionales de la UNESCO para la gestión hidrológica en zonas semiáridas y áridas en un plazo 5 años.</td></tr>
<tr><td>Hectáreas de UGA que con importancia para la recarga de acuíferos: 6,485 ha (84.33%)</td></tr>
<tr><td>Recursos vulnerables: Selvas.</td></tr>
<tr><td>Impactos ambientales potenciales: Deforestación y degradación de selvas.</td></tr>
<tr><td>Disponibilidad de agua superficial (volumen medio anual) por cuenca hidrológica presentes en la UGA: (DOF, 29/11/2010)
<table>
<tr><th>Cuenca Hidrologica</th><th>Disponibilidad de Aguas Superficiales (volumen disponibles a la salida en Mm3)</th></tr>
<tr><td>Río Turbio</td><td>Sin Disponibilidad (0.00 Mm3)</td></tr>
</table>
Disponibilidad de agua Subterránea (volumen medio anual) por acuífero hidrológica presentes en la UGA:
<table>
<tr><th>Cuenca Hidrologica</th><th>Disponibilidad de agua subterránea (volumen medio anual de Aguas Subterráneas Mm3)</th></tr>
<tr><td>San Diego de Alejandría</td><td>Sin Disponibilidad (-2.64 Mm3)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.111. **Usos y criterios de la UGA Ff342A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NÚM. DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO PREDOMINANTE	USO COMPATIBLE	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
1:50000	Ff3 42 A	Ff	3	42	Aprovechamiento	Flora y fauna	Agrícola, Asentamientos humanos, Industria, Minería, Pecuario, Turismo	-	Ag: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18. Ah: 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 19. Cc: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, Ff: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25. In: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16. Mi: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9; P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22. Tu: 1, 5, 11, 14.

Tabla II.112. **Descripción de la UGA Ff342A – Valles de Tlacuitapan – San Diego de Alejandría. Elaboración propia.**

$Ff_3$42A – Valles de Tlacuitapan – San Diego de Alejandría	
Ubicación de la UGA en la Región 	Mapa detallado de la UGA 
DIAGNOSTICO Y LINEAMIENTOS	
Superficie: 42,594 ha.	**Lineamientos ecológicos:**
Cobertura: Agricultura: 12,180 ha (29%). Bosque: 11,156 ha (26%), Cuerpos de Agua: 832 ha (2%), Pastizal: 14,804 ha (35%), Selvas: 2,748 ha (6%), Zona Urbana 875 ha (2%).	Consolidar en un plazo de 5 años la conservación de 12,904 hectáreas (32%) de bosque y selva y mantenerla, ya que proporcionan servicios ambientales a los poblados cercanos.
Poblados o sitios importantes en esta UGA (habitantes): Población total: 3,810 habitantes (2010).	
	Metas complementarias:
Hectáreas de UGA que son áreas prioritarias para la conservación: 12,711 ha (32.8%)	Aprovechar sustentablemente 12,180 hectáreas (29%) de agricultura, mejorando su eficiencia productiva, utilizando especies vegetales mejor adaptadas al estrés hídrico y altas temperaturas y solo la superficie que cuente con los servicios básicos municipales y la infraestructura necesaria para su desarrollo y de movilidad sustentable para su desarrollo y de movilidad sustentable podrán ser
Hectáreas de UGA que con importancia para la recarga de acuíferos: 27,438 ha (70.8%)	
Recursos vulnerables: Bosque y selva.	
Impactos ambientales potenciales: Perdida de selvas y bosques.	

CONSULTA PÚBLICA



Ff342A – Valles de Tlacuitapan – San Diego de Alejandría	
Disponibilidad de agua superficial (volumen medio anual) por cuenca hidrológica presentes en la UGA: (DOF, 29/11/2010) **Disponibilidad de agua Subterránea (volumen medio anual) por acuífero hidrológica presentes en la UGA:**	sustituidas por asentamientos humanos en in plazo de 10 años. Aprovechar 875 hectáreas (2%) de zona urbana e infraestructura básica para mejorar los servicios públicos municipales y de movilidad sustentable, en un plazo de 5 años, ejecutar obras suficientes para la capacitación y restauración de suelos en las zonas con grado de erosión que va de moderado a extremo correspondientes a 29,453 hectáreas (76%). En el mismo período, mantener 8.525 hectáreas (22%), en condiciones libres de erosión. Aprovechar las 14,804 hectáreas (35%) de pastizales para la actividad pecuaria, bajo un sistema de manejo integral como el agrosilvopastoril, recuperar y reforestar los terrenos que sean preferentemente forestales, en un plazo de 5 años. Implementar medidas para la recarga del acuífero Lagos de Moreno y San Diego de Alejandria, en 27,438 hectáreas (70%) a través del uso de buenas prácticas internacionales (Programa Hidrológico internacional de la UNESCO) para la gestión hidrológica en zonas semiáridas y áridas, en un plazo de 5 años.

Cuenca hidrológica	Disponibilidad de Aguas Superficiales (volumen disponible a la salida en Mm^3)
Río de Lagos	Veda de Concesión de Aguas (1.71 Mm^3)
Río Turbio	Sin Disponibilidad (0.00 Mm^3)

Acuífero	Disponibilidad Media de Aguas Subterráneas (Mm^3 por año disponible)
Lagos de Moreno	Sin Disponibilidad (-30.02 Mm^3)
San Diego de Alejandría	Sin Disponibilidad (-2.64 Mm^3)

En el siguiente cuadro se realiza la vinculación de los criterios aplicables al Proyecto:

Tabla II.113. **Vinculación con las UGA (criterios) del POER Región Altos Norte. Elaboración propia.**

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO	UGA
In01	El municipio dará prioridad al establecimiento de industrias que incorporen técnicas y procesos productivos con bajo impacto ambiental	El presente Proyecto de infraestructura ferroviaria y no de infraestructura o procesos industriales, sin embargo, la construcción y operación del Proyecto integran tecnologías y procesos optimizados para minimizar el impacto ambiental. Durante todas las etapas de la obra, se implementarán prácticas de ingeniería sostenible, protocolos de gestión de recursos, medidas de control de emisiones y acciones de prevención, mitigación, restauración y compensación de impactos, asegurando que la operación de la vía cumpla con los estándares de minimización de huella ecológica requeridos para el desarrollo responsable del municipio. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*	Ff342A, Ff237R
In02	El municipio en coordinación con las autoridades competentes buscará realizar la auditoría ambiental voluntaria federal para las industrias dentro de la UGA.	No aplica, debido a que el Proyecto no llevará a cabo la implementación de infraestructura o procesos industriales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A
In03	El municipio en coordinación con las autoridades competentes buscará realizar procesos voluntarios de autorregulación y auditoría ambiental a las industrias de competencia estatal para mejorar su desempeño ambiental en la UGA de	No aplica, debido a que el Proyecto no llevará a cabo la implementación de infraestructura o procesos industriales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO	UGA
	conformidad con la normatividad en la materia.		
In04	Las industrias sólo podrán establecerse en sitios donde no se tengan que realizar cambios de uso de suelo de vegetación nativa.	No aplica, debido a que el Proyecto no llevará a cabo la implementación de infraestructura o procesos industriales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In05	Toda industria que se pretenda instalar en la UGA deberá contar con una franja perimetral de aislamiento para el conjunto de sus instalaciones dentro del mismo predio, en la cual no se permitirá ningún tipo de desarrollo de infraestructura, a excepción de accesos, pudiéndose utilizar esta franja para fines forestales, de cultivo o ecológicos.	Aunque el Proyecto no constituye una instalación industrial, se ha integrado en el diseño una franja perimetral de aislamiento libre de infraestructura, con excepción de los accesos necesarios. Esta franja es parte del DDV del Proyecto con lo que se garantiza el cumplimiento de los principios de ordenamiento ambiental de la UGA. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In06	Se podrá establecer la agroindustria que considere productos locales con encadenamiento productivo al interior de Municipio que coadyuven al logro de la seguridad alimentaria.	No aplica, ya que el Proyecto trata de la construcción, instalación y operación de infraestructura de transporte ferroviario y no del establecimiento de agroindustrias. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In07	El establecimiento de nuevas industrias con emisiones nocivas a la atmósfera, se ubicarán de manera que las emisiones no sean acarreadas por el viento dominante de la UGA hacia zonas urbanas.	No aplica. Aunque no se trata de un Proyecto de infraestructura o procesos industriales, el Proyecto cumple con este criterio de protección atmosférica, ya que su diseño y operación están orientados a la minimización de emisiones. La planificación operativa el control y el mantenimiento de la maquinaria que se requiera para la etapa de construcción, así como el control y el mantenimiento de la maquinaria férrea rodante en la etapa de operación, lo que contribuirá con el control de emisiones que aseguran que cualquier actividad, aun de baja intensidad, no genere impactos negativos sobre las zonas urbanas de la UGA. Además, se implementarán acciones de monitoreo de la calidad del aire con la finalidad de conocer los contaminantes emitidos hacia la atmósfera, y saber si se rebasan los límites permisibles por las NOMs vigentes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P10.** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.* - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M06.** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08.** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M10.** *Acciones de monitoreo de la calidad del aire.*	Ff342A
In08	Diseñar e instrumentar estrategias ambientales para que las empresas incorporen como parte de sus procedimientos normales la utilización de tecnologías y metodologías de gestión ambiental, en materia de residuos peligrosos, las alternativas tecnológicas y de gestión.	No aplica. Sin embargo, el Proyecto se compromete a realizar el correcto manejo integral de los residuos generados durante todas las etapas del proyecto, así como la construcción de un almacén temporal para los residuos peligrosos (ATPR). Todo esto incluye el proceso para el manejo, almacenamiento y disposición final de cualquier residuo peligroso que pudiera generarse durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento. Estas acciones se alinean con las metodologías de gestión ambiental requeridas, garantizando que todas las alternativas tecnológicas	Ff342A

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO	UGA
		adoptadas cumplan con la normativa ambiental vigente aplicable. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*	
In09	Desarrollar iniciativas empresariales locales que busquen la utilización innovadora de recursos naturales.	No aplica, debido a que estas actividades quedan fuera del alcance del promovente. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In10	Generar cadenas productivas nuevas para el aprovechamiento de los subproductos del reciclado, reúso y recuperado.	No aplica, ya que el Proyecto trata de la construcción, instalación y operación de infraestructura de transporte ferroviario. Sin embargo, se realizará el correcto manejo integral de los residuos, en la que se describen acciones para la separación y reciclaje de residuos de acuerdo con la normatividad vigente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*	Ff342A, Ff237R
In11	Generación de innovación tecnológica para el mejoramiento ambiental.	El Proyecto se fundamenta en la implementación de tecnologías de vanguardia para la infraestructura ferroviaria, las cuales están diseñadas específicamente para el mejoramiento ambiental y la optimización de la eficiencia operativa. La integración de estos sistemas tecnológicos permite una reducción directa de la huella ecológica y promueve la adopción de prácticas de ingeniería sostenible en toda el área de influencia del Proyecto, cumpliendo así con las directrices de innovación tecnológica para la gestión sustentable establecida en la UGA. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In12	Reducir la generación de residuos peligrosos mediante la difusión de manuales de buenas prácticas y minimización en giros industriales.	No aplica. Sin embargo, el Proyecto se compromete a realizar el correcto manejo integral de los residuos generados durante todas las etapas del proyecto, así como la construcción de un almacén temporal para los residuos peligrosos (ATPR).; que incluye actividades para el manejo, almacenamiento y disposición de cualquier residuo peligroso que pudiera generarse durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, cumpliendo con la normativa ambiental aplicable y garantizando la prevención de impactos negativos en la UGA. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*	Ff342A, Ff237R
In13	Diversificar las actividades industriales de forma tal que se aprovechen las materias primas, sustancias de desecho y los insumos regionales.	No aplica al Proyecto, ya que el Proyecto no tiene un giro industrial. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In14	Aprovechar la potencialidad de la producción agropecuaria en la región a partir de la instalación de agroindustrias	No aplica, ya que el Proyecto trata de la construcción, instalación y operación de infraestructura de transporte ferroviario y no del establecimiento de agroindustrias. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO	UGA
In15	Toda industria, conjuntamente con las autoridades competentes, deberá informar a la población circundante de los riesgos inherentes a los procesos de producción y conducción, y deberán participar en la implementación de los planes de contingencia correspondientes.	No aplica al Proyecto, ya que el Proyecto no llevara a cabo la construcción, instalación o procesos industriales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R
In16	La industria existente aprovechará la totalidad de su capacidad instalada e incrementará su participación social mediante capacitación de la población de las comunidades aledañas.	No aplica al Proyecto, ya que el Proyecto no llevara a cabo la construcción, instalación o procesos industriales. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ff342A, Ff237R

El análisis detallado de la matriz de compatibilidad para los criterios ecológicos de Infraestructura (If), **demuestra que el Proyecto ferroviario se alinea de manera congruente con los propósitos de ordenamiento** territorial del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Altos Norte.

Dado que la naturaleza de la obra corresponde a un sistema de transporte de pasajeros y no a un desarrollo industrial o agroindustrial tradicional, una parte significativa de los criterios orientados estrictamente a ese tipo de industria se reportan como "no aplicables" en su sentido literal. Sin embargo, el promovente ha incorporado de manera proactiva medidas equiparables y de alto estándar ambiental tales como: la integración de tecnologías de vanguardia para la eficiencia operativa, la habilitación de franjas perimetrales libres de infraestructura dentro del DDV, y la adopción de rigurosas Medidas de manejo integral para la prevención, control y disposición de residuos, entre otras (Capitulo IV). De esta forma, se salvaguardan los recursos naturales, se protegen las áreas prioritarias para la recarga de acuíferos y se garantiza que el desarrollo de la infraestructura ferroviaria cumpla con los objetivos de sustentabilidad y mitigación de la huella ecológica exigidos para la región de los Altos Norte de Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA

II.3.9 *Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Región Cuenca Baja del Río Verde (POER Cuenca Baja del Río Verde)*

Fecha de expedición 28 de septiembre de 2024
Fuente de consulta: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). https://ordenamientoterritorial.jalisco.gob.mx/rioverde

El marco de planeación ambiental y territorial que rige la región de la Cuenca Baja del Río Verde encuentra su fundamento legal en la LGEEPA y en la LEEEPA, atribuyendo a los gobiernos estatales y municipales la facultad de formular, expedir y evaluar los instrumentos de ordenamiento ecológico. Para consolidar este propósito, el Gobierno del Estado de Jalisco suscribió diversos Convenios de Coordinación con los municipios involucrados (el 15 de mayo de 2023), así como Convenios Marco de Coordinación con la Federación (SEMARNAT y SEDATU).

Derivado de estos acuerdos intergubernamentales, se instrumentó el proceso de formulación y consulta pública con la participación de los sectores influyentes en el territorio, culminando con la validación técnica y la publicación oficial de los instrumentos correspondientes. Bajo este contexto normativo y de planeación, se desarrolló el análisis espacial para determinar la congruencia del Proyecto frente a las UGA que conforman ambas regiones, garantizando que el diseño, construcción y operación de la obra se desarrollen en absoluta armonía con los criterios de sustentabilidad, protección ambiental y aprovechamiento regional.

El proyecto presenta incidencia con 6 UGAs: RCBRVO24Ag, RCBRVO36Ag, RCBRV010Ag, RCBRV019Ag, RCBRV025Ag y RCBRV026Ag.

Clave de UGA: RCBRVO24Ag

- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario
- **Usos Compatibles / Permitidos:** Actividad extractiva, acuicultura, agricultura de temporal, agricultura de riego, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industria, infraestructura, pecuario extensivo, pecuario intensivo y turismo (con incompatibilidades nulas declaradas para esta política).
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Clave de UGA: RCBRVO36Ag

- **Política:** Aprovechamiento Agropecuario.
- **Usos Compatibles:** Actividad extractiva, agricultura de temporal, agricultura de riego, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industria, infraestructura, pecuario extensivo, pecuario intensivo y turismo.
- **Usos Incompatibles:** Acuicultura.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

El Proyecto presenta plena compatibilidad con esta UGA de la Cuenca Baja del Río Verde, ya que dentro de los usos compatibles se contempla explícitamente la infraestructura, respaldando el desarrollo de obras de transporte en la región.

CONSULTA PÚBLICA



Clave de UGA: RCBRV010Ag

- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario y Aprovechamiento Urbano.
- **Aprovechamiento Agropecuario -. Usos Compatibles / Permitidos:** Acuacultura, Agricultura de temporal, Agricultura de riego, Asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industria, infraestructura, pecuario extensivo, pecuario intensivo y turismo. / **Incompatibles:** Actividad extractiva.
- **Aprovechamiento Urbano -. Usos Compatibles / Permitidos:** Asentamientos humanos, conservación, infraestructura, industria y turismo. / **Incompatibles:** Actividad extractiva, Acuacultura, Agricultura de temporal, agricultura de riego, energías renovables, forestal, pecuario extensivo y pecuario intensivo.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 (incluye la política agropecuaria).

El Proyecto, presenta plena compatibilidad con esta UGA, cuyo trazo atraviesa de manera predominante un **área agropecuaria y en menor medida en asentamientos humanos.** Dentro de ambas políticas territoriales (aprovechamiento agropecuario y urbano), se contempla explícitamente la **infraestructura** como un uso compatible, respaldando el desarrollo de obras de transporte en la región.

Clave de UGA: RCBRV019Ag

- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario y Aprovechamiento Urbano
- **Aprovechamiento Agropecuario. - Usos Compatibles / Permitidos:** Actividad extractiva, Agricultura de temporal, agricultura de riego, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industria, infraestructura, pecuario extensivo, pecuario intensivo y turismo. / **Incompatibles:** Acuacultura.
- **Aprovechamiento Urbano. - Usos Compatibles / Permitidos** Asentamientos humanos, conservación, infraestructura, industria y turismo. / **Incompatibles:** Actividad extractiva, acuacultura, agricultura de temporal, agricultura de riesgo, energías renovables, forestal, pecuario extensivo y pecuario intensivo.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:**1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 (incluye la política agropecuaria).

El Proyecto presenta plena compatibilidad con esta UGA, cuyo trazo atraviesa de manera predominante **un área agropecuaria y de asentamientos humanos.** Dentro de ambas políticas territoriales (aprovechamiento agropecuario y urbano), se contempla explícitamente la **infraestructura** como un uso compatible, respaldando el desarrollo de obras de transporte en la región.

Clave de UGA: RCBRV025Ag

- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario
- **Usos Compatibles / Permitidos:** Actividad extractiva, acuicultura, agricultura de temporal, agricultura de riego, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industria, infraestructura, pecuario extensivo, pecuario intensivo y turismo (con incompatibilidades nulas declaradas para esta política).
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

CONSULTA PÚBLICA





El Proyecto presenta plena compatibilidad con esta UGA, cuyo trazo **pasa exclusivamente por un área con política y uso agropecuario**. Dentro de esta directriz territorial, se contempla de manera explícitamente compatible la **infraestructura**, respaldando la viabilidad del trazo de transporte en la región.

Clave de UGA: RCBRV026Ag.

- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario.
- **Usos Compatibles / Permitidos:** Actividad extractiva, acuicultura, agricultura de temporal, agricultura de riego, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industria, infraestructura, pecuario extensivo, pecuario intensivo y turismo (con incompatibilidades nulas declaradas para esta política).
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

El Proyecto Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: $0^{+}000$ al $245^{+}500$ presenta plena compatibilidad con esta UGA, cuyo trazo **pasa exclusivamente por un área con política y uso agropecuario**. Dentro de esta directriz territorial, se contempla de manera explícitamente compatible la **infraestructura**, respaldando la viabilidad del trazo de transporte en la región.

Las **cinco** UGA del POER Cuenca Baja del Río Verde donde incide el trazo del Proyecto de Tren de Pasajeros se agrupan en función de sus políticas territoriales y sus vocaciones predominantes de la siguiente manera:

- **UGA con Política Exclusiva de Aprovechamiento Agropecuario. -** RCBRV036Ag, RCBRV025Ag y RCBRV026Ag: Estas unidades se caracterizan por presentar una directriz enfocada en el aprovechamiento agropecuario (y actividades complementarias como forestal, industrial y de infraestructura). En las claves RCBRV025Ag y RCBRV026Ag se contemplan prácticamente todos los usos de manera compatible y con incompatibilidades nulas declaradas, mientras que RCBRV036Ag solo restringe la acuicultura. El trazo cruza por estas zonas de forma exclusiva o predominante sobre terrenos agrícolas, reconociendo explícitamente la infraestructura de transporte como un uso compatible.

- **UGA con Política Mixta (Aprovechamiento Agropecuario y Urbano). -** RCBRV010Ag y RCBRV019Ag: Estas unidades cuentan con una doble directriz territorial que conjunta el aprovechamiento agropecuario con el urbano. El trazo del proyecto las atraviesa combinando zonas de producción agrícola y áreas de asentamientos humanos, en las cuales la infraestructura se encuentra plenamente validada como un uso compatible y permitido en ambas políticas.

CONSULTA PÚBLICA



Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 9.61 % se ubica dentro de la UGA RCBRV010, mientras que dentro de la UGA RCBRV019 incide en un 5.97%. En tanto, el resto de UGATs presentó incidencias menores al 5 %, mientras que el 75.95 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.114. Porcentaje de incidencia dentro del POER Cuenca Baja del Río Verde. Elaboración propia.

UGA	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
RCBRV024	347,247	3.53
RCBRV026	47,347	0.48
RCBRV036	252,218	2.56
RCBRV010	945,066	9.61
RCBRV019	587,099	5.97
RCBRV025	186,635	1.90
Sin incidencia	7,468,860	75.95
Total	**9,834,472**	**100.00**

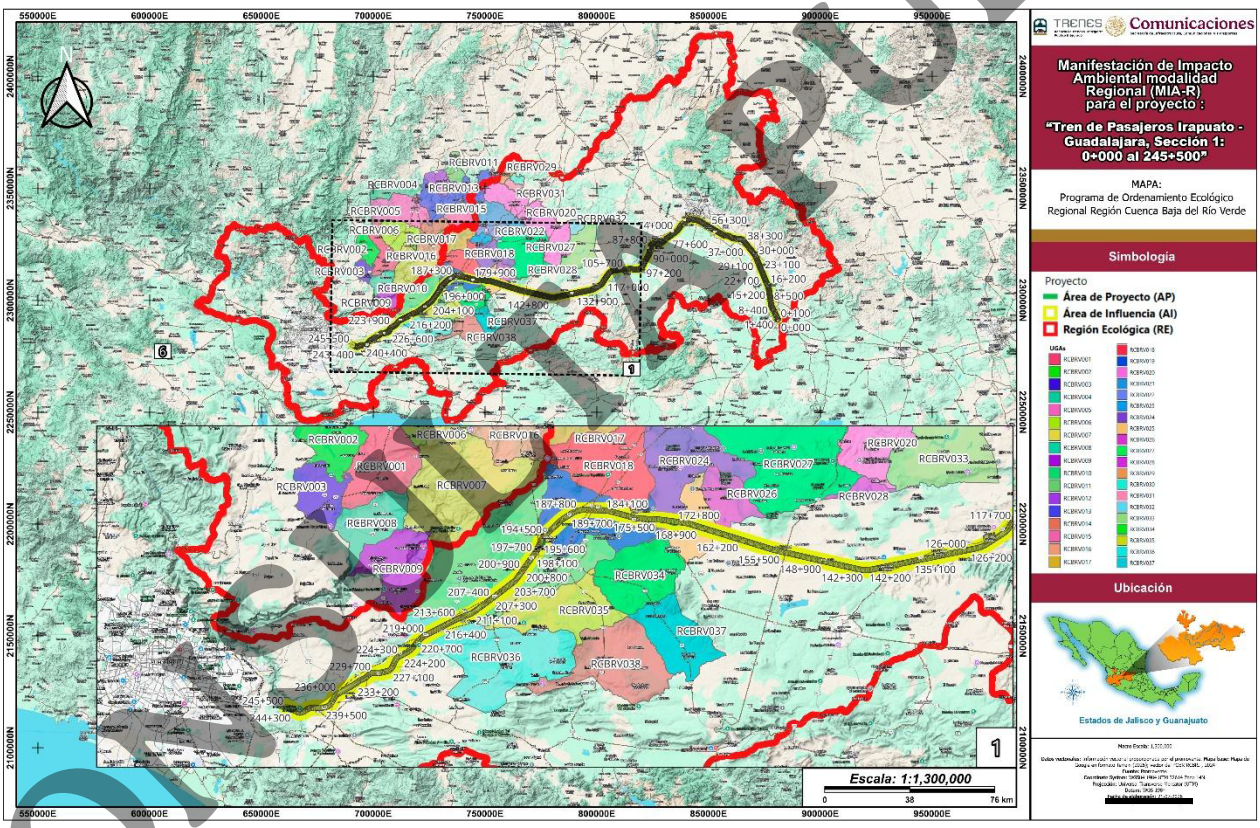


Figura II.9. **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Región Cuenca Baja del Río Verde. Elaboración propia.**

A continuación, se presenta la vinculación del Proyecto de infraestructura ferroviaria frente a los Criterios Ecológicos de Infraestructura (Sector Infraestructura - If) aplicables de manera transversal en dichas UGA, cabe resaltar que todas las UGA comparten los mismos criterios de If (tanto en el uso agropecuario como en el urbano):

COPIA PÚBLICA

Tabla II.115. **Vinculación del Proyecto con los criterios para Infraestructura de las UGAS de la Cuenca Baja del Río Verde. Elaboración propia.**

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
If1	Para establecer una nueva planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de manera segura y eficaz, deberá ubicarse fuera de los límites de los centros de población y estar vinculado en los instrumentos de planificación municipal. Esto garantizará que los efectos negativos en la salud y calidad de vida de la población expuesta sean monitoreados y minimizados, además de garantizar la eficacia del tratamiento de aguas residuales y el cumplimiento de los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021.	No aplica, debido a que no se realizará la construcción e implementación de una PTAR. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto, las necesidades sanitarias del personal de obra se cubrirán mediante el arrendamiento de sanitarios portátiles contratados a una empresa especializada y debidamente autorizada por las autoridades correspondientes. Dicha empresa externa asumirá la responsabilidad integral de la limpieza, recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales en plantas autorizadas, garantizando que no existan descargas directas al suelo ni a la cuenca del Río Verde. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
If2	Para evitar la contaminación de acuíferos por la infiltración de las aguas residuales, las lagunas de estabilización deberán de ubicarse en suelos impermeables, sin fallas geológicas y fuera de los lechos de ríos	No aplica; sin embargo, como parte de las medidas de prevención mitigación y compensación, se llevarán a cabo el correcto manejo integral de los residuos, así como la colocación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores. Que regula el servicio externo de sanitarios portátiles (recolección, transporte y disposición final por una empresa autorizada), se garantiza el confinamiento estricto de las aguas residuales en depósitos herméticos, minimizando y previniendo cualquier riesgo de contaminación por infiltración en el suelo, los acuíferos y los componentes bióticos de la zona de influencia del Proyecto. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
If3	La instalación de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales debe asegurar mediante su Proyecto definitivo de urbanización que la capacidad instalada asegura el tratamiento de aguas para la población actual y proyectada en el presente instrumento a 30 años.	No aplica, debido a que se trata de un Proyecto de infraestructura ferroviaria y no se llevará a cabo la construcción ni operación de una PTAR. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If4	Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) deben contar con programas anuales de mantenimiento. Estos programas permitirán actualizar el servicio de acuerdo a las necesidades de la población, así como optimizar la calidad del agua tratada y el cumplimiento de los límites permitidos.	No aplica, debido a que se trata de un Proyecto de infraestructura ferroviaria y no se llevará a cabo la construcción ni operación de una PTAR. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If5	Las plantas de tratamiento de aguas residuales deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos, así como también contar con un programa operativo que considere la desactivación, desinfección y disposición final de los mismos	No aplica, debido a que se trata de un Proyecto de infraestructura ferroviaria y no se llevará a cabo la construcción ni operación de una PTAR. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If6	Las nuevas infraestructuras deberán incluir en sus Proyectos propuestos áreas de conservación o vulnerables ecológicas, deben permitir la continuidad de la conectividad de hábitat y así como la mitigación de los riesgos naturales y antrópicos.	Si bien el criterio está orientado principalmente a vialidades urbanas con camellones y banquetas, en el DDV ferroviario del Proyecto se aplicará un principio ecológico y paisajístico análogo. Además, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas, se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas a través de reforestaciones en sitios que requieran la intervención activa para su recuperación y recuperen su función como corredores biológicos. Adicionalmente, se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de germoplasma adecuado y dando prioridad a las

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
		especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. Todo lo anterior se ejecutará con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes, asegurar la conectividad biológica y compensar la pérdida de cobertura vegetal en las áreas intervenidas. La selección y distribución de la paleta vegetal se realizará de manera estratégica para garantizar los servicios ambientales, evitando en todo momento que el crecimiento natural o la eventual caída de ramas o árboles representen un riesgo para la seguridad y operación de la infraestructura ferroviaria. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
If7	La construcción de caminos y carreteras deberán estar por lo menos a 200 m de zonas históricas o arqueológicas.	En el trazo del Proyecto dentro de esta UGA no se identificaron zonas históricas o arqueológicas; sin embargo, en caso de realizarse algún hallazgo fortuito, se dará aviso inmediato al INAH y se seguirá el protocolo establecido para la atención de este tipo de descubrimientos. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If8	La construcción de cualquier obra de infraestructura deberá promover acciones de restauración ecológica en la zona de influencia de la obra.	Para dar cumplimiento a la directriz de promover acciones de restauración ecológica en la zona de influencia, el Proyecto implementará medidas específicas de prevención, mitigación,

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
		restauración y compensación contenidas en Medidas y acciones identificadas y presentadas en el Capítulo IV. Dentro de estas medidas,
If9	En las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de infraestructura, se rescatará germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.), fauna y flora del sitio, garantizando medidas de compensación y mitigación.	Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas, se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas a través de reforestaciones en sitios que requieran la intervención activa para su recuperación y recuperen su función como corredores biológicos. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. Además, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas, se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas a través de reforestaciones en sitios que requieran la intervención activa para su recuperación y recuperen su función como corredores biológicos. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
If10	Cualquier Proyecto, construcción y operación de cualquier tipo de infraestructura en la cuenca alta deberá respetar el aporte natural de sedimentos hacia las partes más bajas de la misma, así como garantizar la permanencia de los patrones naturales de los escurrimientos superficiales y la dinámica hidrológica.	El Proyecto no contempla la extracción ni el aprovechamiento de escurrimientos de agua superficial o subterránea. No obstante, para proteger el régimen hidrológico de la zona, se implementarán acciones específicas para la correcta conducción y manejo del agua pluvial a través de la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales (cunetas). En tanto, se realizará el monitoreo de agua de los cauces perennes antes, durante y después dentro de la ejecución del proyecto. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
If11	Cualquier modificación del paisaje, ya sea por obra civil, cambio de la cobertura del territorio, Proyecto de infraestructura, agropecuario y de restauración o conservación, deberá establecer medidas para el control de la erosión.	El Proyecto implementará un esquema integral de control de la erosión y conservación de suelos. Este esquema comprende la delimitación estricta de las superficies de intervención mediante la delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada, el adecuado manejo y resguardo de la capa fértil a través del Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal, la perfilación adecuada del relieve mediante el retiro de material excedente y reconformación topográfica y la contención física del terreno con la estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte, garantizando con ello la estabilidad geomorfológica y la prevención de procesos erosivos en el DDV. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.*

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
		MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.*
If12	Las nuevas vialidades y las existentes estarán adaptadas para la retención, captación e infiltración de agua de lluvia.	No aplica. Si bien el Proyecto no constituye una vialidad, se ejecutarán obras de manejo y gestión pluvial para la conservación de cuerpos y corrientes de agua), el Proyecto implementará la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales (cunetas), garantizando con ello el adecuado flujo, captación y control del escurrimiento pluvial. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.*
If13	Se deberá procurar la mínima perturbación a la fauna en la movilización de trabajadores y flujo vehicular durante la construcción de obras.	Para procurar la mínima perturbación a la fauna durante la movilización de trabajadores y el flujo vehicular en la preparación del sitio y la construcción de obras, el Proyecto implementarán medidas como: En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Por otro lado, control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra, así como la restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles, para reducir las molestias asociadas al tránsito vehicular y al funcionamiento de la maquinaria. Por último, las acciones de capacitación y educación ambiental para el personal que capacitara e informara a los trabajadores de la importancia de la importancia y cuidado de la fauna. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* PREVENCIÓN - **P09.** *Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.* - **P10.** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.*
If14	Los taludes en los caminos y carreteras deberán estabilizarse con materiales que garanticen la seguridad ante derrumbes y deslizamientos de materiales.	No aplica, debido a que se trata de una ferroviaria y no un camino o carretera, sin embargo, durante el desarrollo del Proyecto se tomaran las medidas necesarias para la estabilización de taludes y evitar así cualquier daño a la infraestructura ferroviaria y aledaña. Se aplicarán la Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte para asegurar la estabilidad física del terreno, en complemento con el

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
		Retiro de material excedente y reconformación topográfica para un adecuado manejo del relieve. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.*
If15	La construcción de vías interurbanas no deberá realizarse sobre acantilados y áreas de alta susceptibilidad a derrumbes y deslizamientos.	En el área del Proyecto en la superficie de la UGA no se identificaron zonas susceptibles a los mencionados en este criterio. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If16	Para toda obra o Proyecto, durante las etapas de preparación y construcción, se deberá contar con la infraestructura necesaria que evite la infiltración de sustancias peligrosas al subsuelo.	Durante el desarrollo del Proyecto en todas sus etapas se aplicarán acciones como son el colocar contenderos para los residuos con tapa y letreros que indiquen que tipo de residuos contienen, se prohíbe realizar mantenimientos a los vehículos y maquinaria dentro del AP, todas estas actividades como el mantenimiento preventivo y el suministro de la maquinaria dentro de los frentes de trabajo en áreas específicas y en zonas impermeables. También el control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipos de obra. Se realizará el correcto manejo integral de los residuos, la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos. Además, se realizarán acciones de respuesta inmediata ante derrames accidentales, en donde se rescatará el suelo contaminado, y se dispondrá como residuos peligro conforme a la normatividad vigente. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* MITIGACIÓN - **M03.** *Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.*
If17	Los Proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de campamentos o infraestructura temporal deberán ubicarse en áreas abiertas libres de vegetación y no invadir cauces y cuerpos de agua.	Durante el desarrollo del Proyecto en todas sus etapas se aplicarán acciones como son el colocar contenedores para los residuos con tapa y letreros que indiquen que tipo de residuos contienen, se prohíbe realizar mantenimientos a los vehículos y maquinaria dentro del AP, y en general, haciendo un correcto manejo integral de los residuos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
If18	El emplazamiento de infraestructura se realizará preferentemente sobre el derecho de vía de caminos ya construidos mediante obras que no modifiquen los ecosistemas.	El trazo del Proyecto aprovecha de manera preferente el DDV de la infraestructura ferroviaria existente (trazo histórico), optimizando los espacios previamente perturbados para reducir la alteración de los ecosistemas. No obstante, en los tramos donde se requiere una nueva intervención al carecer de obras previas, la afectación se controlará estrictamente mediante Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada, limitando las actividades de obra a las superficies estrictamente necesarias. Durante las etapas de preparación y construcción, el Proyecto contempla actividades de desmonte, excavaciones y conformación de terraplenes; por ello, previamente al inicio de dichas actividades se implementarán acciones de rescate de flora silvestre a través de

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
		germoplasma adecuado y dando prioridad a las especies de valor ecológico, dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y IUCN. Estas serán reubicadas en sitios con las características adecuadas y ecosistemas similares que aseguren su permanencia dentro de la Región Ecológica (RE). En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de compostas y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. De manera complementaria, el Proyecto prevé la implementación de acciones de compensación activa a través del establecimiento de reforestaciones cuyo propósito es coadyuvar en la recuperación y repoblamiento de la cobertura vegetal en sitios degradados dentro de la RE. Con ello, el Proyecto da cumplimiento a este criterio, al integrar medidas preventivas, de mitigación y compensación asociadas a las actividades de desmonte y movimiento de tierras. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M08** *Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.*
If19	Se restringe la quema de vegetación, así como la aplicación de herbicidas y defoliantes para el mantenimiento de las vialidades y espacios públicos. Solo se podrán utilizar fertilizantes orgánicos incluidos en la CICOPLAFEST.	No se utilizará fuego, herbicidas o defoliantes para retirar vegetación en ninguna de las etapas u obras del Proyecto. Se realizará aplicaran las Medidas necesarias y suficientes para asegurar la correcta disposición y gestión de los residuos orgánicos derivados de las actividades de preparación (incluyendo el manejo de la vegetación y el suelo fértil producto del CUSTF) y constructivas sin recurrir a prácticas prohibidas. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
If20	El área de amortiguamiento de cualquier instalación de riesgo estará desprovista de edificios con espacios habitables.	No aplica, el Proyecto no es una instalación que se considere una actividad altamente riesgosa de acuerdo con el Articulo 28 de la LGEEPA. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA



Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
If21	La creación, disposición, reubicación de un sitio de disposición final deberá considerar lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003.	No aplica, debido a que el Proyecto ferroviario no llevara a cabo obras de disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
If22	La prestación de servicios públicos municipales fuera de los límites de centro de población podrá ser autogestionada por los habitantes, bajo la figura de polígonos de desarrollo controlado.	En caso de ser necesario se gestionan los servicios necesarios ante los municipios correspondientes. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If23	Las redes de electrificación, alumbrado público y comunicación, para áreas urbanizadas y urbanizables, discurrirán de forma subterránea.	El Proyecto ferroviario instalará su sistema eléctrico de forma subterránea dentro del DDV autorizado, conforme a las NOM y especificaciones de CFE, mientras que las telecomunicaciones operarán con un sistema propio bajo diseños de ingeniería y normatividad aplicable; para mitigar los impactos derivados de estas obras, se la Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte, el Retiro de material excedente y reconformación topográfica, así como el rescate y acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal. Por otra parte, se realizará el correcto manejo integral de los residuos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.*
If24	Deberá construirse la infraestructura requerida para reducir las afectaciones derivadas de la ocurrencia de un evento natural o antropológico.	Durante todas las etapas del Proyecto, se tendrán los protocolos necesarios para atender este tipo de ocurrencias. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If25	La urbanización y construcción de infraestructura debe considerar y mitigar las repercusiones que puedan ocasionarse en las partes bajas de la cuenca.	El Proyecto considera llevar a cabo actividades estratégicas para asegurar la estabilidad hidrológica y prevenir repercusiones en las partes bajas de la cuenca. Esto se instrumenta de manera directa mediante la Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal con la finalidad de permitir el flujo de los cuerpos de agua superficiales y mantener la dinámica hidrológica de la región ecológica. Con estas medidas se garantiza el control de escurrimientos, la retención de sólidos y la protección de los cauces, asegurando la no afectación ni el incremento de riesgos hidrológicos en las zonas bajas de la cuenca. Se realizarán medidas de compensación enfocadas en la recuperación de los ecosistemas dentro de la RE a través de reforestaciones con especies nativas. Estas acciones se enfocarán estratégicamente en áreas previamente perturbadas con el fin de reconectar fragmentos de vegetación natural, evitando con ello el aislamiento de las poblaciones de fauna, mitigando la fragmentación del hábitat en la RE y coadyuvando activamente a la recuperación de la cobertura vegetal. Además, se aplicará el principio análogo mediante actividades de conexión biológica; como la rearborización lineal en hileras aledañas al derecho de vía a través de especies nativas, y se dará el debido mantenimiento a través de la normatividad vigente. Para ello se utilizarán especies nativas acordes a las condiciones del DDV, evitando riesgos a la infraestructura por la caída de ramas o árboles. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los*

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO**
		escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario. COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*
If26	Todo Proyecto para el establecimiento de sitios de disposición final de residuos deberá contemplaron mecanismo de financiamiento que garantícelos recursos económicos para llevar a cabo la propuesta de remediación y restauración, la clausura del sitio de disposición final, el programade mantenimiento de posclausura, el programade monitoreo y cumplir los requisitos mínimos para su clausura según lo establezca la normatividad vigente.	No aplica. El Proyecto llevara a cabo la construcción e implementación de obras ferroviarias y no de sitios de disposición final de residuos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
If27	No se permite el establecimiento de infraestructura, en terrenos forestales que han sido afectados por incendio, tala o desmonte en los últimos 20 años, exceptuando la necesaria para actividades de restauración forestal.	No se identificaron áreas con afectación por incendios, tala o desmonte en las zonas donde se llevará a cabo el CUSTF. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If28	Para el establecimiento y operación de infraestructura hidráulica se deberán promover acciones de restauración ecológica en bienes y zonas de jurisdicción federal.	No aplica debido a que es un Proyecto de infraestructura ferroviaria y no hidráulica. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

Del análisis de criterios ecológicos para **infraestructura** y su compatibilidad con el Proyecto se concluye lo siguiente:

- **Compatibilidad Plena con el Uso del Suelo:** El trazo del Proyecto se establecerá sobre zonas con aptitud agropecuaria, donde la infraestructura se cataloga como un uso compatible, garantizando que las obras no contravienen las políticas de ordenamiento ecológico territorial de la región.

- **Aplicación Selectiva de Criterios (No A aplica / Aplica con Medidas de Mitigación):** Una proporción significativa de los criterios normativos (relacionados con plantas de tratamiento de aguas residuales, caminos rurales, infraestructura hidráulica urbana o disposición final de residuos sólidos) resulta con estatus de **"No aplica"**, debido estrictamente a la naturaleza técnica y operativa de un sistema ferroviario lineal y no a desarrollos urbanos o hidráulicos.

- **Compromiso Ambiental:** Para aquellos criterios que sí aplican directamente (relacionados con la prevención de la contaminación del suelo y subsuelo, manejo de residuos, protección de la cubierta vegetal, rescate de flora y fauna, y control de erosión), el Proyecto incorpora protocolos específicos de mitigación y gestión ambiental. Esto incluye el uso exclusivo de baños portátiles autorizados mediante empresas especializadas, la prohibición de uso de químicos o fuego en el DDV, el confinamiento adecuado de materiales y la estricta sujeción a los lineamientos de conservación de suelos y rescate biológico.

CONSULTA PÚBLICA



La vinculación del Proyecto con los criterios ecológicos de infraestructura demuestra su **plena compatibilidad con el ordenamiento** territorial de la Cuenca Baja del Río Verde, evidenciando que los criterios no aplicables corresponden a la naturaleza específica de la obra (al tratarse de un sistema ferroviario y no de desarrollos urbanos o hidráulicos), en tanto que los aplicables se cumplen rigurosamente mediante la implementación de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración correspondientes; por lo tanto, el Proyecto es ambientalmente viable, ya que garantiza la protección de los recursos naturales, la estabilidad geomorfológica y el manejo integral de residuos y suelo (entre otros) sin contravenir las directrices de conservación de la región.

II.3.10 *Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca Río Zula (POER Cuenca Río Zula)*

Fecha de expedición: 27 de abril de 2024
Fuente de consulta: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET).
https://ordenamientoterritorial.jalisco.gob.mx/riozula

El Gobierno del Estado de Jalisco impulsa el desarrollo sustentable en la región de la Cuenca Río Zula, la cual comprende los municipios de Arandas, Atotonilco el Alto, Ayotlán, Degollado, Jesús María, La Barca, San Ignacio Cerro Gordo, Totolán y Zapotlán del Rey. Para garantizar la ejecución de las actividades correspondientes, el 23 de noviembre de 2021 se firmó un Convenio de Coordinación entre el Estado y dichos municipios con el objetivo de establecer las bases para la elaboración del ordenamiento territorial. Este esfuerzo se sustenta en un Convenio Marco de Coordinación celebrado con la Federación a través de la SEMARNAT y la SEDATU el 30 de marzo de 2020.

Derivado de estos acuerdos intergubernamentales, se dio inicio al proceso de formulación de los instrumentos de planeación, el cual estuvo acompañado de una fase de consulta pública que contó con una amplia participación de los diferentes sectores sociales y productivos de la región. Las etapas clave de este proceso comprenden el inicio de la formulación el 23 de noviembre de 2021, el desarrollo de la consulta pública del 22 de julio al 22 de octubre de 2022, la sesión de validación efectuada el 23 de marzo de 2023 y, finalmente, la publicación oficial de los instrumentos el 27 de abril de 2024.

El análisis integral del Proyecto ferroviario de pasajeros frente al POER Cuenca Río Zula y los criterios sectoriales de infraestructura confirma la plena viabilidad y compatibilidad ambiental de la obra. A lo largo de las UGA evaluadas, el Proyecto demuestra congruencia con los usos de suelo permitidos, ya sea mediante asignaciones directas de infraestructura, usos condicionados o entornos industriales y agropecuarios, garantizando en todo momento la protección y preservación de los recursos naturales. La integración de los criterios normativos específicos de infraestructura asegura que todas las actividades asociadas a la preparación, construcción y operación y mantenimiento del sistema ferroviario se desarrollen bajo estrictos estándares de control ambiental. En los casos donde ciertos lineamientos no aplican directamente por la naturaleza lineal de la obra, el Proyecto implementa medidas preventivas,

CONSULTA PÚBLICA



de mitigación y protocolos de manejo especial, ratificando su compromiso con el desarrollo sustentable y el respeto estricto al marco normativo vigente.

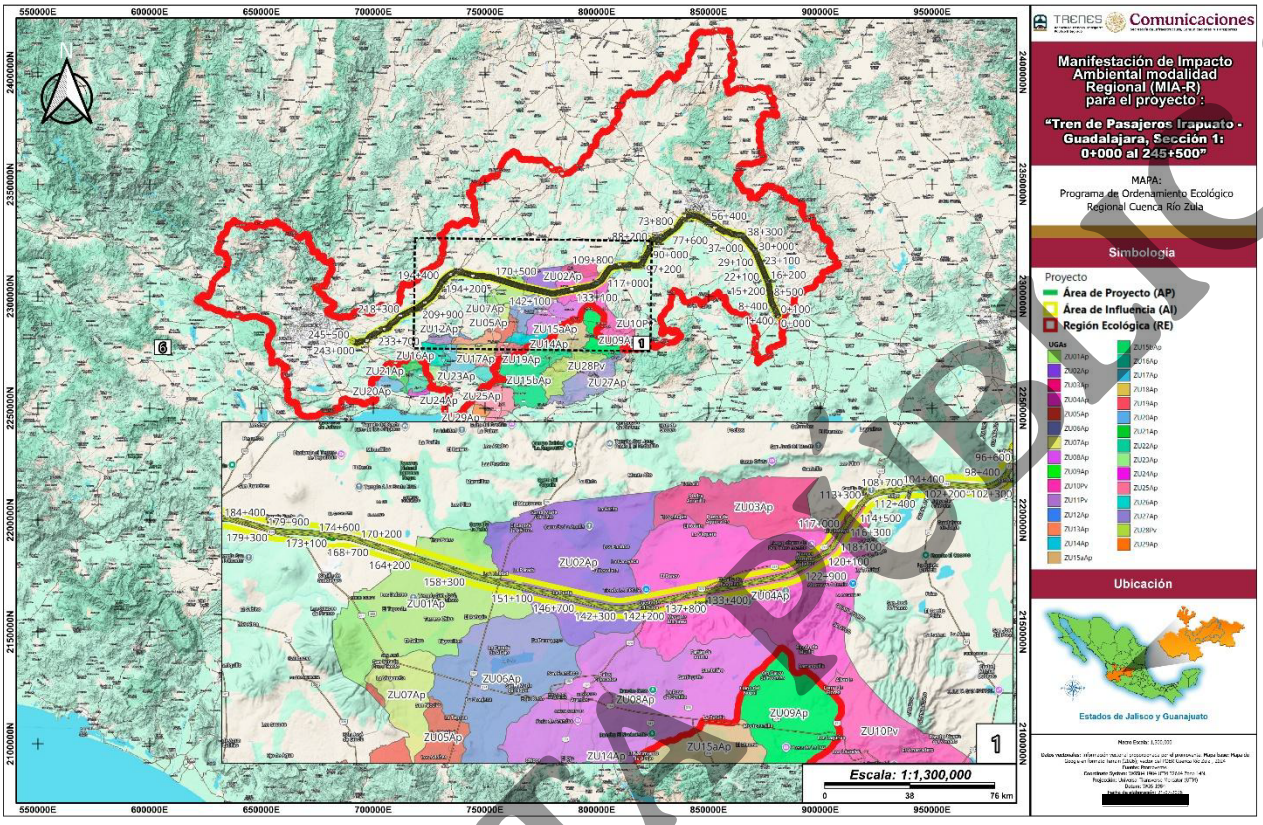


Figura II.10. **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca Río Zula. Elaboración propia.**

El proyecto presenta incidencia dentro de 4 UGAs: ZU01Ap, ZU02Ap, ZU03Ap y UGA: ZU04Ap, de las cuales se presentan sus fichas.

- **Clave de UGA:** ZU01Ap
- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario
- **Usos Compatibles / Permitidos:** Acuícola, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industrial, **infraestructura**, pecuario y turístico.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 32, 33.

El Proyecto de infraestructura ferroviaria presenta plena compatibilidad con esta UGA, ya que dentro de los usos contemplados se incluye explícitamente la infraestructura, respaldando el trazo y operación de obras de transporte en la región de la Cuenca Río Zula.

- **Clave de UGA:** ZU02Ap
- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario
- **Usos Compatibles / Permitidos:** Actividad extractiva, acuícola, agrícola, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, infraestructura, pecuario y turístico.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 32, 33.

CONSULTA PÚBLICA



El Proyecto presenta plena compatibilidad con esta UGA, ya que dentro de los usos contemplados se incluye explícitamente la infraestructura, respaldando el trazo y operación de obras de transporte en la región.

- **Clave de UGA:** ZU03Ap
- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario
- **Usos Compatibles / Permitidos:** Acuícola, agrícola, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industrial, infraestructura, pecuario y turístico.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 32, 33.

El Proyecto de infraestructura ferroviaria presenta plena compatibilidad con esta UGA, ya que dentro de los usos contemplados se incluye explícitamente la infraestructura, respaldando el trazo y operación de obras de transporte en la región.

- **Clave de UGA:** ZU04Ap
- **Política Ambiental:** Aprovechamiento Agropecuario y Aprovechamiento Urbano
- **Aprovechamiento Agropecuario. - Usos Compatibles / Permitidos:** Actividad extractiva, acuícola, agrícola, asentamientos humanos, conservación, energías renovables, forestal, industrial, infraestructura, pecuario y turístico.
- **Aprovechamiento Urbano. - Usos Compatibles / Permitidos:** Asentamientos humanos, infraestructura y turístico.
- **Criterios Ecológicos de Infraestructura Aplicables:** 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 32, 33 (para la política agropecuaria). 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 32 (para la política urbana).

El Proyecto presenta plena compatibilidad con esta UGA, ya que dentro de los usos contemplados para sus políticas territoriales se incluye explícitamente la infraestructura, respaldando el trazo y operación de obras de transporte en la región.

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), 10.81 % se ubica dentro de la UGA ZU04Ap, mientras que dentro de la UGA ZU02Ap incide en un 5.13 %. En tanto, el resto de UGAs presentó incidencias menores al 5 %, mientras que el 77.20 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.116. Porcentaje de incidencia dentro del POER Cuenca Río Zula. Elaboración propia.

UGA	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
ZU01Ap	477,370	4.85
ZU02Ap	504,929	5.13
ZU03Ap	196,419	2.00
ZU04Ap	1,063,486	10.81
Sin incidencia	7,592,268	77.20
Total	**9,834,472**	**100.00**

En el siguiente cuadro se describen y vinculan los criterios ecológicos de infraestructura, resaltando que todos los criterios de infraestructura aplican para todas las UGAS y sus usos de suelo. Cabe resaltar que el criterio número 3 y el 33 son solo para el aprovechamiento agropecuario; y el criterio 1 es exclusivo para el aprovechamiento urbano.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.117. **Vinculación de las UGA (criterios) de la Cuenca del Río Zula. Elaboración propia.**

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO Y CUMPLIMIENTO**
If1	La preparación y mantenimiento de derechos de Vía deberá realizarse evitando la aplicación de productos químicos y fuego.	La preparación y el mantenimiento del DDV del Proyecto se ejecutarán de manera estricta mediante métodos mecánicos y manuales autorizados, garantizando la protección de los recursos naturales y evitando prácticas prohibidas dentro. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If2	Para toda obra o Proyecto, durante las etapas de preparación y construcción, se deberá contar con la infraestructura necesaria que evite la infiltración de sustancias peligrosas al subsuelo.	Para evitar la infiltración de sustancias peligrosas al subsuelo durante el desarrollo del Proyecto contará con la infraestructura de contención adecuada. Adicionalmente, se aplicarán un protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en los frentes de trabajo, el control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de trabajo con la finalidad de que operen de manera eficaz y no se generen derrames o se emitan gases de efecto invernadero que rebasen los límites permisibles por las NOMs. También se realizará la correcta gestión integral de los residuos, así como la construcción de un almacén temporal para los residuos peligrosos. Con estas medidas, se garantiza de manera estricta la integridad y protección del suelo y subsuelo. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P03.** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.* - **P04.** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.* - **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).* - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* MITIGACIÓN - **M03.** *Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.*
If3	La construcción de nuevos caminos rurales deberá evitar las áreas de alta susceptibilidad a derrumbes, deslizamientos, inundaciones o cualquier otro tipo de contingencia que se origine por ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos.	No aplica. El presente Proyecto no corresponde a la construcción de nuevos caminos rurales, toda vez que se trata de una obra de carácter ferroviario. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If5	Los taludes en los caminos y carreteras deberán estabilizarse con materiales que garantícen la seguridad ante derrumbes y deslizamientos de materiales.	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra de carácter ferroviario y no a la construcción de caminos o carreteras; sin embargo, se realizará la estabilización geotécnica y biológica de los taludes en las zonas de corte. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.*
If6	En toda obra o Proyecto, los materiales destinados para la construcción de infraestructura y el relleno de las zonas, deberá provenir preferentemente de las actividades de excavación y nivelación del Proyecto, reduciendo el uso de materiales provenientes de otros sitios. Todos los materiales deberán ser almacenados de tal manera que no se dispersen por agua o viento.	Los materiales destinados para la construcción de infraestructura y el relleno de zonas provendrán preferentemente de las actividades de excavación y nivelación generadas por el propio Proyecto ferroviario, reduciendo así la necesidad de materiales externos. Todos los materiales de construcción y almacenamiento se manejarán y confinarán de tal manera que se evite su dispersión por acción del agua o el viento y provendrán de bancos autorizados. Se la humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo, **se utilizarán** lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales. Además, se restringirán los horarios de operación de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO Y CUMPLIMIENTO**
		CUMPLIMIENTO: MITIGACIÓN - **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.* - **M05** *Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.* PREVENCIÓN - **P09** *Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.*
If7	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos.	Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, en caso de requerirse campamentos para los trabajadores, estos contarán con los servicios sanitarios necesarios (mediante la contratación de una empresa especializada y autorizada por la SEMARNAT para el suministro de baños portátiles, limpieza, recolección, transporte y disposición final de los residuos), abastecimiento de agua potable, un reglamento para el manejo integral de residuos sólidos, así como una estrategias para la atención de alertas por fenómenos hidrometeorológicos. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If8	Se deberán establecer sistemas de señalización en las líneas de conducción y transporte donde se ubiquen condiciones de riesgo.	Durante las etapas del Proyecto ferroviario, se establecerán sistemas de señalización adecuados en las líneas de conducción y transporte que lo requieran, específicamente en aquellas zonas donde se ubique o identifiquen condiciones de riesgo, garantizando así la seguridad operativa y la prevención de incidentes. Estos deberán cumplir con las disposiciones contenidas en las NOM aplicables. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If9	Si los requerimientos estructurales de la superficie de rodamiento lo permiten, la construcción de caminos, andadores y estacionamientos deberá utilizar materiales que permitan la infiltración del agua pluvial al subsuelo, asimismo los caminos deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados.	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra de carácter ferroviario y no a la construcción de caminos, andadores o estacionamientos; no obstante, el diseño de la infraestructura considera especificaciones de ingeniería y sistemas de drenaje adecuados para garantizar la estabilidad y el manejo correcto de las aguas pluviales. En específico, se realizará la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs), así como cunetas (obras de drenaje longitudinal) para mantener la dinámica hidrológica de la Región Ecológica (RE). **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
If10	Las plantas de tratamiento de aguas residuales deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos, así como también contar con un programa operativo que considere la desactivación, desinfección y disposición final de los mismos.	No aplica. El Proyecto no contempla la construcción ni operación de una PTAR. Durante las etapas de preparación y construcción, el servicio sanitario se brindará mediante la contratación de una empresa especializada y autorizada por la SEMARNAT para el suministro de baños portátiles, siendo esta la encargada de su limpieza, así como de la recolección, transporte y disposición final de los residuos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*
If12	Para la utilización de pólvora y explosivos en la industria de la construcción, se deberá contar con los permisos correspondientes.	Para la utilización de pólvora o explosivos que en su caso se requieran durante las actividades de construcción del Proyecto ferroviario, se tramitarán y obtendrán previamente los permisos correspondientes ante las autoridades competentes. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO Y CUMPLIMIENTO**
If14	El inicio de operaciones de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial deberá condicionarse a la existencia de un esquema de financiamiento a la existencia de un esquema de financiamiento que considere los recursos económicos necesarios para poder implementar el plan de clausura según lo marque la normatividad vigente, este plan incluirá la recuperación ecológica del lugar en media de lo posible	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra de carácter ferroviario y no contempla la construcción ni la operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos o de manejo especial; los residuos generados durante el Proyecto se manejarán conforme a la normatividad ambiental aplicable a través de empresas autorizadas para su recolección y disposición final. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If15	Cualquier autorización de infraestructura para la provisión de agua, estará condicionada a una constancia de factibilidad hídrica expedida por la autoridad correspondiente, en su caso, deberá de ser convocado el Observatorio del Agua por la autoridad responsable de su emisión para conocer su opinión.	No aplica, el Proyecto es una obra ferroviaria y no infraestructura para la provisión de agua. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If18	La construcción de caminos y carreteras deberán estar por lo menos 200 m de zonas históricas o arqueológicas.	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra de carácter ferroviario y no a la construcción de caminos o carreteras; no obstante, el trazo y desarrollo del Proyecto ferroviario cumple con la normatividad federal aplicable en materia de protección, salvaguarda y respeto a las zonas históricas y arqueológicas. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If19	El establecimiento de infraestructura considerará y mitigará la generación de posibles riesgos.	El establecimiento e instalación de la infraestructura del Proyecto ferroviario considerará, evaluará y mitigará la generación de posibles riesgos ambientales, operativos y de seguridad mediante las medidas de prevención y control establecidas en el Proyecto (Capítulo IV). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If21	La construcción de cualquier obra de infraestructura deberá dejar en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original, salvo que cuente con la autorización correspondiente para su remoción.	Durante la construcción de la infraestructura del Proyecto ferroviario se privilegiará la conservación de los árboles más desarrollados de la vegetación original en la medida de lo técnicamente posible. También, se elaborará y presentará el ETJ para el CUSTF ante la autoridad competente, cumpliendo puntualmente con lo establecido en la LGEEPA y la LGDFS. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If22	En aquellos predios donde se identifiquen sitios arqueológicos relevantes, se podrá instalar la infraestructura necesaria para el uso turístico cultural del sitio.	No aplica. Durante las etapas de evaluación y planeación no se identificaron sitios arqueológicos en el trazo del Proyecto; sin embargo, en caso de realizarse algún hallazgo fortuito de esta naturaleza, se dará aviso inmediato a las autoridades competentes en la materia (INAH). **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If23	Los Proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de campamentos o infraestructura temporal deberán ubicarse en áreas abiertas libres de vegetación y no invadir cauces y cuerpos de agua.	Todas las obras temporales del Proyecto (tales como campamentos, áreas de descanso de trabajadores, zonas de comedor temporal, sanitarios, entre otros) se instalarán estrictamente dentro del DDV, evitando la invasión de áreas aledañas no autorizadas y respetando en todo momento los cuerpos o cauces de agua. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.*
If24	La construcción y operación de infraestructura en la cuenca alta deberá respetar el aporte natural de sedimentos hacia más bajas de la misma.	Durante la construcción y operación de la infraestructura del Proyecto ferroviario, se implementarán las medidas técnicas y de manejo ambiental necesarias para respetar y no alterar el aporte natural de sedimentos hacia las partes más bajas de la cuenca, para lo cual se aplicará una serie de medidas como la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs), así como obras de drenaje longitudinal (cunetas). Adicionalmente, también se realizará el monitoreo de la calidad de los cuerpos perennes antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Sector: Infraestructura (If)		
CLAVE	**CRITERIO**	**VINCULACIÓN Y CUMPLIMIENTO Y CUMPLIMIENTO**
		CUMPLIMIENTO: PREVENCIÓN - **P11.** *Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
If26	Cualquier modificación del paisaje, ya sea por la obra civil, cambio de la cobertura del territorio, Proyecto de infraestructura, agropecuario y de restauración o conservación, deberá establecer medidas para el control de erosión.	Derivado de las modificaciones al paisaje y cobertura del territorio propias de la obra civil e infraestructura del Proyecto, se establecerán e implementarán medidas específicas para el control de erosión entre las que estas las siguientes: para mitigar los impactos derivados de estas obras, se la Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte, el Retiro de material excedente y reconformación topográfica, así como el rescate y acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal. Por otra parte, se realizará el correcto manejo integral de los residuos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M02.** *Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.* - **M01.** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica.*
If32	Los cementerios podrán instalarse fuera de zonas inundables, terrenos rocosos o arenosos, rellenados y cerca de focos de contaminación. Su instalación estará sujeta a una Manifestación de Impacto Ambiental.	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra de carácter ferroviario y no contempla la construcción, establecimiento ni operación de cementerios. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.
If33	Los sitios de disposición final de residuos de la construcción y demolición deberán presentar manifestación de impacto ambiental y operar conforme al Manual de Buenas prácticas Ambientales en la Construcción.	No aplica. El Proyecto corresponde a una obra de carácter ferroviario y no contempla la construcción ni la operación de sitios propios de disposición final de residuos de la construcción y demolición; los residuos generados serán trasladados y dispuestos por empresas autorizadas en sitios legalmente establecidos para tal fin, observando las prácticas ambientales correspondientes (**Medida P06** *Manejo integral de residuos generados en la obra*).

El análisis integral de vinculación del Proyecto con el POER de la Cuenca Río Zula demuestra la **absoluta congruencia y viabilidad ambiental** de la obra en las UGA evaluadas. Las directrices territoriales y los usos de suelo predominantes de la región reconocen de manera explícita la compatibilidad con el sector de infraestructura, permitiendo el desarrollo de las obras de transporte bajo un enfoque de sustentabilidad y ordenamiento territorial. La aplicación y cumplimiento de los criterios ecológicos específicos de infraestructura garantizan que cada etapa del Proyecto; desde la preparación y construcción hasta su operación, se conduzca bajo estrictas medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental. Con ello, se asegura el respeto irrestricto a los recursos naturales, la protección de los suelos, la salvaguarda de los cuerpos de agua y la armonización de la infraestructura ferroviaria con las actividades productivas y de conservación propias de esta cuenca hidrológica.

CONSULTA PÚBLICA



A medida que el trazo del Proyecto avanza hacia el poniente en dirección a Guadalajara, la ruta abandona la cobertura de los grandes programas regionales como el POER Altos Norte, el POER Cuenca Baja del Río Verde y el POER de la Cuenca Río Zula para ingresar a la franja de municipios metropolitanos y periurbanos. En este segmento de aproximación final, la vinculación territorial y ambiental requiere atender la transición hacia el entorno urbano y de servicios. De acuerdo con el marco normativo aplicable, dado que no todos los municipios de esta porción cuentan con un POEL expedido, el análisis de congruencia se desarrollará exclusivamente para aquellos instrumentos que se encuentren debidamente autorizados y publicados en fuentes oficiales por cada municipio. Para los tramos y municipios sobrantes donde no exista un POEL local formalmente establecido, la evaluación de compatibilidad del trazo ferroviario se vinculará de manera directa con los instrumentos normativos y de planeación supletorios que tengan vigencia jurídica. Esto comprende principalmente a los Programas Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) y los planes de ordenamiento de escala metropolitana o intermunicipal que regulan los usos de suelo, las reservas territoriales y las directrices de crecimiento para las zonas de influencia directa. Mediante este esquema normativo alterno, se garantiza que la infraestructura de transporte cumpla cabalmente con las disposiciones de compatibilidad territorial, ordenamiento urbano y protección ambiental establecidas tanto en las leyes estatales como federales aplicables.

II.3.11 *Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del Municipio de Zapotlanejo*

Fecha de última publicación: 3 de octubre de 2019.
Fuente de consulta: https://zapotlanejo.gob.mx/transparencia/bitacora-ambiental

El Programa constituye un instrumento estratégico de política pública y planeación territorial diseñado para gestionar el desarrollo municipal desde una perspectiva de sostenibilidad, equilibrando el crecimiento socioeconómico con la preservación ambiental. Zapotlanejo se localiza al oriente de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y comparte límites naturales con la barranca y el cauce del Río Santiago. Esta condición, sumada a la disponibilidad de suelo apto para la urbanización, lo expone a presiones de expansión acelerada similares a las de municipios vecinos como Zapopan, Tlajomulco, El Salto y Tonalá. Dicho crecimiento desordenado genera riesgos críticos, tales como una presión excesiva sobre los recursos naturales, contaminación que rebasa la capacidad ecológica e institucional, fragmentación de ecosistemas por infraestructura, expansión agropecuaria y extracción de materiales, además del peligro de sustituir cadenas biológicas y espacios agrícolas por desarrollos inmobiliarios en detrimento de la calidad de vida. Frente a este escenario, el POEL funciona como una herramienta de planeación anticipada para regular los usos del suelo y promover la coexistencia armónica entre los sectores productivos y la conservación ambiental.

Para lograr este propósito, el programa establece metas divididas en dos vertientes. Los objetivos generales buscan identificar, mediante estudios de caracterización y diagnóstico, las zonas prioritarias para proteger, conservar, restaurar y aprovechar los recursos naturales fuera de los centros de población, induciendo las actividades productivas hacia áreas de menor impacto para minimizar conflictos territoriales. Por su parte, los objetivos específicos se enfocan en describir el estado de los componentes naturales, sociales y económicos, analizar

CONSULTA PÚBLICA



las causas de deterioro ambiental e integrar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que facilite el monitoreo y la gestión del territorio. Finalmente, para su materialización, el programa concibe el espacio bajo un enfoque de sistemas complejos mediante la interacción de los subsistemas natural, social y económico, estructurándose en cinco fases operativas: caracterización, diagnóstico, pronóstico y prospectiva, la propuesta con la delimitación de las UGA, y la instrumentación. El trazo del tren tiene incidencia en **11 UGAs:** An4 124-031 C, Ag2 124-013 A, Ag2 124-043 A, P4 124-037 A, Ag1 124-034 A, An5 124-001 P, Ag1 124-049 A, Ah1 124-042 A, Ag1 124-036 A, An4 124-022 C y An5 124-048 P.

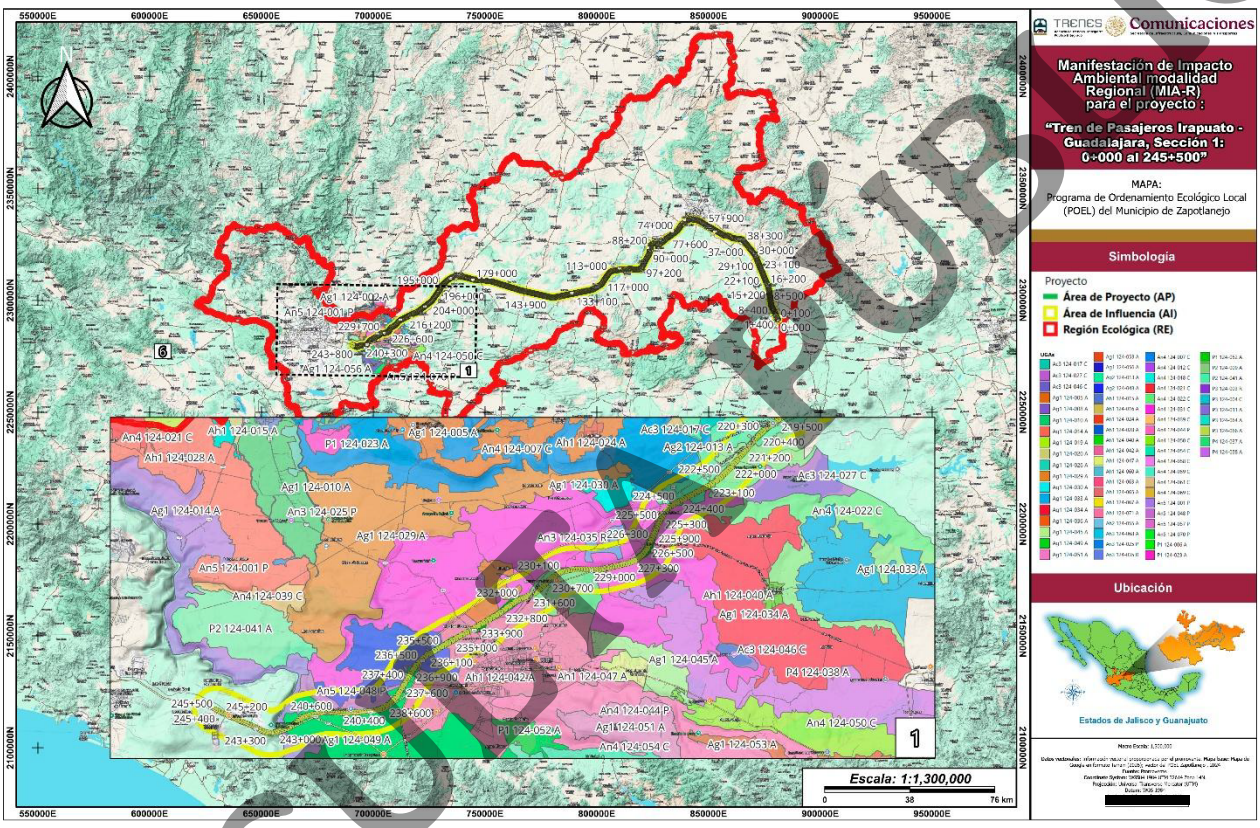


Figura II.11. **Mapa de la incidencia del Proyecto con el POEL del Municipio de Zapotlanejo. Elaboración propia.**

Respecto a las incidencias del Área del Proyecto (AP), el 4.06 % incide dentro de la UGA An4 124-031 C, seguida de la UGA Ag2 124-013 A con una incidencia del 1.61 %, y en tercer lugar la UGA Ah1 124-042 A con una incidencia del 1.41 %. En tanto, el resto de UGAs presentó incidencias menores al 1.4 %, mientras que el 89.03 % no incide dentro de este ordenamiento.

Tabla II.118. Porcentaje de incidencia dentro del POEL Zapotlanejo. Elaboración propia.

UGA	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
An4 124-031 C	399,034	4.06
Ag2 124-043 A	48,566	0.49
Ag1 124-034 A	1,721	0.02
Ag1 124-049 A	100,431	1.02
Ag1 124-036 A	32,327	0.33
An5 124-048 P	43,025	0.44
Ag2 124-013 A	158,615	1.61
P4 124-037 A	52,684	0.54
An5 124-001 P	3,516	0.04
Ah1 124-042 A	138,690	1.41
An4 124-022 C	100,074	1.02
Sin incidencia	8,755,790	89.03
Total	**9,834,472**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se describen las UGA y sus criterios de aplicación:

Tabla II.119. **UGA An$_4$ 124-031 C. Elaboración propia.**

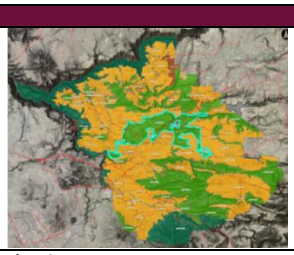
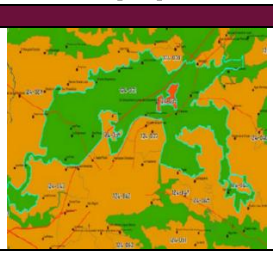
An$_4$ 124-031 C	
	
Uso predominante	Área Natural
Política ambiental	Conservación
Superficie:	4,764.45 hectáreas.
Cobertura: Agua= 10.98 ha., Bosque= 93.58 ha., Selva= 834.03 ha; Secundario= 1,422.05 ha., Agropecuario= 2,329.85 ha., Urbano= 39.68 ha., Suelo Desnudo= 34.28 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,346, Max= 1,742, Media=1576
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 973.22 ha., 5 a 10= 1,755.78 ha., 10 a 15= 958.74 ha., 15 a 20= 444.95 ha., más de 20= 631.75 ha., promedio= 11.03%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Las Carrosas, Los Chombos, Huejotitlán, La Arena, El Mezquite Chico, Partidas, San Roque, Villa de Guadalupe, Plan de Calderón, El Calabozo.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 339.28 ha., Baja=3,100.07 ha., Moderada= 1,292.15 ha., Alta= 31.23 ha. Y Muy Alta= 1.71 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 1,151.46 ha., Media= 354.24 ha., Alta= 14.76 ha. y Muy Alta= 0.54 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 4,523.53 ha., Baja= 125.27 ha., Media= 96.21 ha., Alta= 19.44 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	1,080.99 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	1136.63 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Muy Baja= 1,189.60 ha., Baja= 734.09 ha., Media= 1,802 ha., Alta=1,015.83 ha. y Muy Alta=22.93 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 1,005.95 ha., Baja= 1,767.72 ha., Media= 718.35 ha., Alta= 1,272.42 ha
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Baja= 1,005.95 ha., Baja= 1,767.72 ha., Media= 718.35 ha., Alta= 1,272.42 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Alta (4).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=1,993.59 ha., Media= 176.13 ha. y Severa= 35.01 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 305.75 ha., Clase II= 2,080.43 ha., Clase III= 2,374.93 ha. y Clase IV= 3.33 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	2,445.48 ha.
Impactos ambientales potenciales: Deforestación por avance de la frontera pecuaria, agrícola y urbana, así como deterioro de bienes y servicios ambientales por infraestructuras y actividades urbanas.	
Lineamiento ecológico: Conservar 928 ha. De vegetación nativa, permitir que 1,422 ha. con vegetación secundaria se regeneren hasta su condición primaria y revertir la deforestación por cambio de uso de suelo en 1,700 ha. Solamente se permiten actividades pecuarias estabuladas y agricultura dentro de invernaderos en 660 ha. con pendiente menor al 5%.	
NOTA: ESTA UGA HA REGISTRADO ALTA DEFORESTACION	

Tabla II.120. **Descripción de la UGA An$_4$ 124-031 C. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	An4 124-031 C	An	4	124-031	C	Tu	Ag, P, Fo	Ah, If, Mi, In	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ag: 4, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 19, 22. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4, 8. Fo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. CC: 8.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.121. **UGA Ag_2 124-043 A. Elaboración propia.**

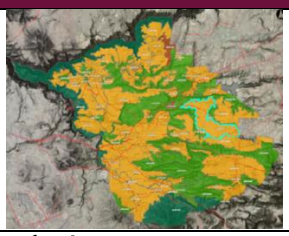
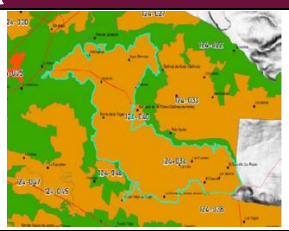
Ag_2 124-043A	
	
Uso predominante	Agrícola
Política ambiental	Aprovechamiento
Superficie:	2,516.23 hectáreas
Cobertura: Agua= 17.83 ha., Bosque= 18.64 ha., Selva= 231.11 ha., Secundario= 183.74 ha., Agropecuario= 1,975.28 ha., Urbano= 24.59 ha., Suelo Desnudo= 65.03 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,642, Max= 1,766, Media= 1,726.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 2,267.31 ha., 5 a 10= 228.58 ha., 10 a 15= 17.28 ha., 15 a 20= 2.34 ha., más de 20= 0.72 ha., promedio= 2.39%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Agua Bermeja, Las Fuentes, Madrigales, La Tapona, Bicercio, La Villa, El Zapotillo (La Raya), La Cantera (Cantera de los Tapia), El Capulín, Gallinas.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 376.95 ha., Baja= 1,867.85 ha., Moderada= 267.38 ha., Alta= 4.05 ha
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 9.54 ha., Media= 0.09 ha
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 1,917.79 ha., Baja=381.72 ha., Media= 194.77 ha., Alta= 21.95 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	0 ha
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	227.15 ha
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula= 11 ha., Muy Baja= 1,152.85 ha., Baja= 739.53 ha., Media= 522.87 ha., Alta= 89.80 ha. y Muy Alta= 0.18 ha
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 71.39 ha., Baja= 395.23 ha., Media= 570.36 ha., Alta= 1,479.26 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 71.40 ha., Estable= 395.20 ha., Meso estable= 713.77 ha., Inestable= 1,319.37 ha. y Crítico= 16.50 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Baja.
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=1,500.03 ha., Media= 4.77 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 1,179.55 ha., Clase II= 1,237.87 ha., Clase III= 98.81 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	223.29
Impactos ambientales potenciales: Disminución de la recarga de mantos acuíferos y degradación de bines y servicios ambientales.	
Lineamiento ecológico: Aprovechamiento hasta 2,265 ha. de superficie con actividades agrícolas, conservar y fomentar el restablecimiento de hasta 251 con vegetación nativa, la recuperación de la existente, para que contribuya a la recarga de mantos acuíferos.	

Tabla II.122. **Descripción de la UGA Ag_2 124-043 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	Ag1 124-034 A	Ag	1	124-0340	A	Tu, Fo	If, P	Ah, Mi, In	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ag: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 22. If: 3, 4, 5. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 3, 6, 7. CC: 3.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.123. **UGA Ag1 124-034 A. Elaboración propia.**

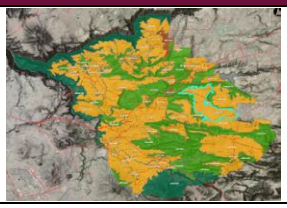
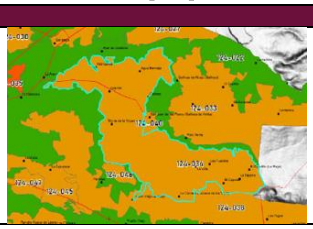
Ag1 124-034A	
	
Uso predominante	Agricola
Política ambiental	Aprovechamiento
Superficie:	2,516.23 hectáreas.
Cobertura: Agua= 17.83 ha., Bosque= 18.64 ha., Selva= 231.11 ha., Secundario= 183.74 ha., Agropecuario= 1,975.28 ha., Urbano= 24.59 ha., Suelo Desnudo= 65.03 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,642, Max= 1,766, Media= 1,726.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 2,267.31 ha., 5 a 10= 228.58 ha., 10 a 15= 17.28 ha., 15 a 20= 2.34 ha., más de 20= 0.72 ha., promedio= 2.39%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Agua Bermeja, Las Fuentes, Madrigales, La Tapona, Bicercio, La Villa, El Zapotillo (La Raya), La Cantera (Cantera de los Tapia), El Capulín, Gallinas.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 376.95 ha., Baja= 1,867.85 ha., Moderada= 267.38 ha., Alta= 4.05 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 9.54 ha., Media= 0.09 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 1,917.79 ha., Baja=381.72 ha., Media= 194.77 ha., Alta= 21.95 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	0 ha
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	227.15 ha
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula= 11 ha., Muy Baja= 1,152.85 ha., Baja= 739.53 ha., Media= 522.87 ha., Alta= 89.80 ha. y Muy Alta= 0.18 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 71.39 ha., Baja= 395.23 ha., Media= 570.36 ha., Alta= 1,479.26 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 71.40 ha., Estable= 395.20 ha., Meso estable= 713.77 ha., Inestable= 1,319.37 ha. y Crítico= 16.50 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Baja (1).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=1,500.03 ha., Media= 4.77 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 1,179.55 ha., Clase II= 1,237.87 ha., Clase III= 98.81 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	223.29 ha.
Impactos ambientales potenciales: Disminución de la recarga de mantos acuíferos y degradación de bines y servicios ambientales.	
Lineamiento ecológico: Aprovechamiento hasta 2,265 ha. de superficie con actividades agrícolas, conservar y fomentar el restablecimiento de hasta 251 con vegetación nativa, la recuperación de la existente, para que contribuya a la recarga de mantos acuíferos.	

Tabla II.124. **Descripción de la UGA Ag1 124-034 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	Ag1 124-034 A	Ag	1	124-034	A	Tu, Fo	If, P	Ah, Mi, In	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ag: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 22. If: 3, 4, 5. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 3, 6, 7. CC: 3

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.125. **UGA Ag$_I$ 124-049 A. Elaboración propia.**

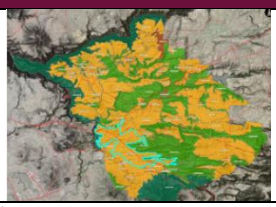
Ag$_I$ 124-049 A	
	
Uso predominante	Agricola
Política ambiental	Aprovechamiento
Superficie:	3,867.33 hectáreas.
Cobertura: Agua= 16.11 ha., Bosque= 41.58 ha., Selva= 393.42 ha., Secundario= 838.14 ha., Agropecuario= 2,254.67 ha., Urbano= 177.40 ha., Suelo Desnudo= 145.99 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Mín= 1,378, Max= 1,646, Media= 1,493.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 2,313.72 ha., 5 a 10= 978.29 ha., 10 a 15= 337.98 ha., 15 a 20= 119.17 ha., más de 20= 118.18 ha., promedio= 5.65%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	La Baraña, Buenavista, Cuchillas, La Providencia, La Sauceda, Tepetongo, Pueblos de la Barranca, la Loma, Potrero Negro, Santa María, Santa Rosa, Camino a los Pirules, Crucero de Santa Fe.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 439.39 ha., Baja=2,051.82 ha., Moderada= 1,320.86 ha., Alta= 53.83 ha. y Muy Alta= 1.44 ha
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 326.25 ha., Media= 76.59 ha., Alta= 3.33 ha. y Muy Alta= 3.24 ha
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 3,062.64 ha., Baja=563.34 ha., Media= 173.74 ha., Alta= 67.60 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	793.33 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	557.14 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula=14.79 ha., Muy Baja= 1,599.61 ha., Baja= 1,310.18 ha., Media= 805.08, Alta= 135.16 ha. y Muy Alta= 2.52 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 121.73 ha., Baja= 583.88 ha., Media= 915.20 ha., Alta= 2,232.72 ha. y Muy Alta= 13.79 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Estable: 121.77 ha., Estable= 583.96 ha., Meso estable= 1,147.91 ha., Inestable= 1,988.28 ha. y Crítico= 25.42 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Baja (1).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=1,847.34 ha., Media= 261.90 ha. y Severa= 10.26 ha
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 1,487.73 ha., Clase II= 1,449.11 ha., Clase III= 930.49 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	198.09 ha.
Impactos ambientales potenciales: disminución de la cantidad y la calidad del agua de recarga a mantos acuíferos, algunas zonas con susceptibilidad de erosión y/o deslizamientos de tierra, deterioro de bienes y servicios ambientales por infraestructuras y actividades urbanas.	
Lineamiento ecológico: Aprovechar hasta 2,200 ha. de superficie con actividades agrícolas, reducir o eliminar el uso de agroquímicos que pueden afectan la calidad del agua subterránea en acuífero, respetar los cauces y cuerpos de agua y sus áreas de protección, restringir hasta 200 ha. de superficie las actividades pecuarias, conservar y restaurar 1,270 ha. con vegetación nativa en condición natural.	

Tabla II.126. **Descripción de la UGA Ag$_I$ 124-049 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	Ag1 124-049 A	Ag	1	124-049	A	P, Tu, Fo.	If, Mi, In.	Ah	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ag: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 22. If: 2, 3, 4, 5. Mi: 1, 2. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 3, 6, 7. In: 1, 2, 3, 4. CC: 1.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.127. **UGA Agı 124-036 A. Elaboración propia.**

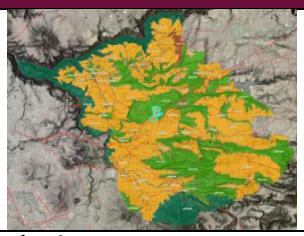
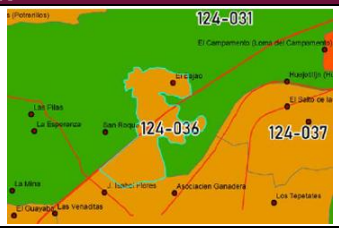
Agı 124-036 A	
	
Uso predominante	Agricola.
Política ambiental	Aprovechamiento.
Superficie:	231.32 hectáreas.
Cobertura: Bosque= 2.80 ha., Selva= 14.89 ha., Secundario= 40.07 ha., Agropecuario= 159.48 ha., Urbano= 5.05 ha., Suelo Desnudo= 9.03 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,535, Max= 1,619, Media= 1,588.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 79.15 ha., 5 a 10= 105.60 ha., 10 a 15= 41.70 ha., 15 a 20= 4.60 ha., más de 20= 0.27 ha., promedio= 6.91%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	El Bajío.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 2.61 ha., Baja=183.99 ha., Moderada= 44.17 ha., Alta= 0.54 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 21.78 ha., Media= 0.27 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 204.36 ha., Baja=26.05 ha., Media= 0.90 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	11.67 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	49.82 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula=0.99 ha., Muy Baja= 159.09 ha., Baja= 22.48 ha., Media= 36.30 ha., Alta= 12.46 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 12.46 ha., Baja= 36.30 ha., Media= 22.48 ha., Alta= 159.09 ha. y Muy Alta= 0.99 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 12.46 ha., Estable= 36.30 ha., Meso estable= 22.48, Inestable= 159.09 ha. y Crítico= 0.99 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Baja (1).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	71.73 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 121.75 ha., Clase II= 67.69 ha., Clase III= 41.88 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	64.71 ha.
Recursos vulnerables	Presencia de especies o ecosistemas prioritarios.
Impactos ambientales potenciales: Deterioro de bienes y servicios ambientales por infraestructuras y actividades urbanas.	
Lineamiento ecológico: Aprovechar mediante prácticas de agricultura sustentable 170 ha., respetando áreas con vegetación nativa, cauces y cuerpos de agua dentro de sus zonas federales de protección.	

Tabla II.128. **Descripción de la UGA Agı 124-036 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	Agı 124-036 A	Ag	1	124-036	A	P, Tu, Fo	If, Mi.	Ah, In.	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ag: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 22. If: 3, 4, 5. Mi: 1, 2. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 3, 6, 7. In: 3.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.129. **UGA An$_5$ 124-048 P. Elaboración propia.**

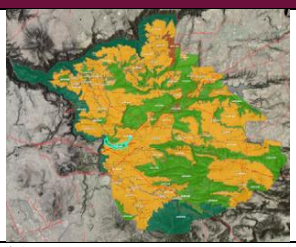
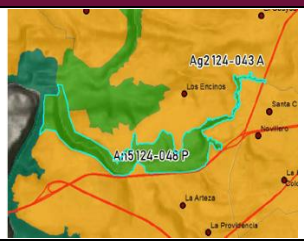
An$_5$ 124-048 P	
	
Uso predominante	Área Natural.
Política ambiental	Protección.
Superficie:	118.05 hectáreas
Cobertura: Cobertura: Bosque= 2.60 ha., Selva= 16.40 ha., Secundario= 47.51 ha., Agropecuario= 50.55 ha., Urbano= 0.90 ha., Suelo Desnudo= 0.09 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min=1,446, Max=1,485, Media=1,468.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 41.41 ha., 5 a 10= 30.57 ha., 10 a 15= 26.44 ha., 15 a 20= 13.36 ha., más de 20= 6.27 ha., promedio= 8.38%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	-
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 5.27 ha., Baja=67.83 ha., Moderada= 44.32 ha., Alta= 0.63 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 27.45 ha., Media= 0.99 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 107.33 ha., Baja= 10.72 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	4.22 ha
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	12.46 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula=0.36 ha., Muy Baja= 25.03 ha., Baja= 22.24 ha., Media= 47.36 ha., Alta= 21.07 ha. y Muy Alta=1.98 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 21.25, Baja= 35.21 ha., Media= 20.71 ha., Alta= 40.52 ha y Muy Alta= 0.36 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 21.25 ha., Estable= 35.30 ha., Meso estable= 34.58 ha., Inestable= 26.56 ha. y Crítico= 0.36 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Alta (5).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=30.60 ha., Media= 39.69 ha. y Severa= 2.34 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 12.64 ha., Clase II= 14.34 ha., Clase III= 91.07 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	58.05 ha.
Impactos ambientales potenciales: deforestación por actividades agropecuarias con la consecuente erosión y/o deslizamientos de suelo, perdida de su calidad ecológica y estabilidad, incremento de la contaminación por actividades productivas, urbanas e infraestructuras aguas arriba.	
Lineamiento ecológico: Solo se permiten actividades de protección y restauración de la vegetación natural en 117 hectáreas de la UGA.	

Tabla II.130. **Descripción de la UGA An$_5$ 124-048 P. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	An5 124-048 P	An	5	124-048	P	Tu, Fo	If, Ag, P	Ah, Mi, In.	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. An: 1, 2, 3, 5-22. If: 2, 3, 4, 5. Tu: 1, 2, 3. Fo: 2, 7, 8. Ag: 4, 5, 12, 13, 14, 16, 23. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.131. **UGA Ag_2 124-013 A. Elaboración propia.**

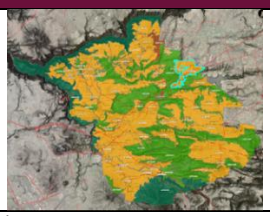
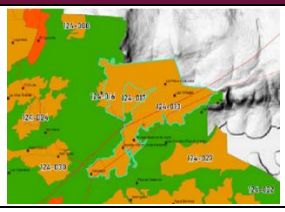
Ag_2 124-013 A	
	
Uso predominante	Agricola
Política ambiental	Aprovechamiento
Superficie:	1,190.34 hectáreas
Cobertura: Agua= 1.72 ha., Bosque= 14.50 ha., Selva= 108 ha., Secundario= 276.88 ha., Agropecuario= 738.50 ha., Urbano= 28.36 ha., Suelo Desnudo= 22.38 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,570, Max= 1,714, Media= 1,667.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 723.15 ha., 5 a 10= 369.05 ha., 10 a 15= 68.52 ha., 15 a 20= 18.55 ha., más de 20= 11.07 ha., promedio= 4.76%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Joya del Camino (Las Palmitas) y Galápago.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 41.97 ha., Baja=875.61 ha., Moderada= 270.76 ha., Alta= 1.98 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 44.46 ha., Media= 2.61 ha
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 1,071.89 ha., Baja= 48.28 ha., Media= 43.78 ha., Alta= 26.39 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	174.33 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	249.97 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Muy Baja= 512.73 ha., Baja= 212.32 ha., Media= 380.55 ha., Alta= 83.39 ha. y Muy Alta= 1.36 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 82.92 ha., Baja= 327.53 ha., Media= 167.83 ha., Alta= 612.06 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 82.93 ha., Estable= 327.58 ha., Meso estable= 221.70 ha., Inestable= 556.32 ha. y Crítico= 1.81 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Baja (2).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=530.37 ha., Media= 30.33 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 520.93 ha., Clase II= 394.08 ha., Clase III= 262.27 ha. y Clase IV= 13.05 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	123.66 ha.
Impactos ambientales potenciales: Avance de la frontera agropecuaria, deterioro de bienes y servicios ambientales por infraestructuras y actividades urbanas.	
Lineamiento ecológico: Establecer la actividad agrícola en 520 ha. y la actividad pecuaria hasta 390 ha. de superficie. Mantener 250 ha. con vegetación nativa y respetar las áreas prioritarias de conservación.	

Tabla II.132. **Descripción de la UGA Ag_2 124-013 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	Ag2 124-013 A	Ag	2	124-013	A	Tu, Fo	Ag, If, In	Mi, Ah	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ac: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8. Ag: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 22. If: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 3, 6, 7. In: 1, 2, 4.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.133. **UGA P4 124-037 A. Elaboración propia.**

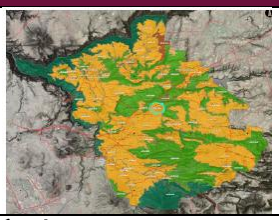
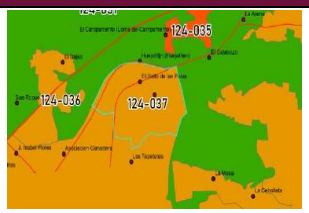
P4 124-037 A	
	
Uso predominante	Pecuario.
Política ambiental	Aprovechamiento.
Superficie:	387.60 hectáreas.
Cobertura: Agua= 0.90 ha., Bosque= 5.21 ha., Selva= 70.28 ha., Secundario= 63.45 ha., Cobertura: Agropecuario= 205.17 ha., Urbano= 39.36 ha., Suelo Desnudo= 3.24 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,527, Max= 1,625, Media= 1,562.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 171.02 ha., 5 a 10= 123.21 ha., 10 a 15= 56.44 ha., 15 a 20= 21.16 ha., más de 20= 11.77 ha., promedio= 6.97%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	El Salto de las Peñas.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 40.80 ha., Baja=264.30 ha., Moderada= 81.51 ha., Alta= 0.99 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 59.31 ha., Media= 1.71 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 337 ha., Baja= 36.76 ha., Media= 5.93 ha., Alta= 7.91 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	33.8 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	61.02 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula=0.18 ha., Muy Baja= 153.55 ha., Baja= 88.79 ha., Media= 118.33 ha., Alta= 26.75 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Baja= 26.57 ha., Baja= 115.99 ha., Media= 74.21 ha., Alta= 170.84 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 26.57 ha., Estable= 115.99 ha., Meso estable= 76.10 ha., Inestable= 168.04 ha. y Crítico= 0.90 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Alta (4).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=211.32 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 48.26 ha., Clase II= 171.02 ha., Clase III= 168.32 ha
Área Prioritaria para la Conservación:	155.16 ha.
Impactos ambientales potenciales: potenciales: Erosión por actividades pecuarias más allá de las zonas aptas para su establecimiento, así como deterioro de bienes y servicios ambientales por infraestructuras y actividades urbanas.	
Lineamiento ecológico: Aprovechamiento solo de 270 ha. de superficie con actividades pecuarias, restringir a 29 ha. las actividades agrícolas y conservar al menos 48 ha. con vegetación nativa de selva baja caducifolia y matorral.	

Tabla II.134. **Descripción de la UGA P4 124-037 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	P4 124-037 A	P	4	124-037	A	Tu, Fo	Ag, If, Mi, In.	Ah.	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ac: 1, 2, 4, 5, 6, 8. Ag: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23. An: 2, 6, 7, 8, 12, 14, 22. If: 1, 2, 3, 4, 5, 6. Mi: 1, 2. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 3, 6, 7. In: 1, 2, 3, 4.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.135. **UGA An$_5$ 124-001 A. Elaboración propia.**

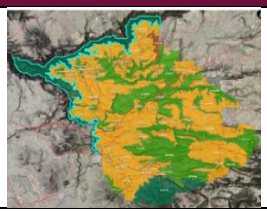
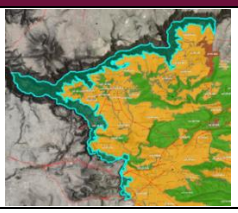
An$_5$ 124-001 A	
	
Uso predominante	Área Natural.
Política ambiental	Protección.
Superficie:	5,860.27 hectáreas
Cobertura: Agua= 0.09 ha., Bosque= 208.99 ha., Selva=3,362.79 ha., Secundario= 1,690.23 ha., Agropecuario=577.15 ha., Urbano=19.66 ha., Suelo Desnudo=1.36 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 993, Max= 1,732, Media= 1,384.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 163.02 ha., 5 a 10= 371.68 ha., 10 a 15= 502.03 ha., 15 a 20= 409.76 ha., más de 20= 4,413.77 ha., promedio= 55.56%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Las Barrancas de los Ríos Verde y Santiago.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 1,320.83 ha., Baja=3,458.28 ha., Moderada= 628.21 ha., Alta= 253.63 ha. y Muy Alta= 199.32 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 1,000.80 ha., Media= 949.05 ha., Alta= 530.19 ha. y Muy Alta= 2,597.13 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 5,832.53 ha., Baja=20.17 ha., Media= 2.97 ha., Alta= 4.59 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	483.75 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	265.34 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula=3.28 ha., Muy Baja= 1,141.23 ha., Baja= 872.64 ha., Media= 1,212.09 ha., Alta= 2,484.48 ha. y Muy Alta= 146.55 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 2,554.03 ha., Baja= 1,133.74 ha., Media= 829.16 ha., Alta= 1,340.16 ha. y Muy Alta= 3.19 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 2,554.13 ha., Estable= 1,136.56 ha., Meso estable= 976.20 ha., Inestable= 1,181.00 ha. y Crítico= 12.38 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Alta (5).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=814.59 ha., Media= 299.16 ha. y Severa= 204.30 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 135.66 ha., Clase II= 165.18 ha. y Clase III= 5,559.43 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	2,819.88 ha.
Recursos vulnerables (Presencia de especies o ecosistemas prioritarios):	Selva Baja Caducifolia en barrancas como corredores biológicos nacionales
Impactos ambientales potenciales: Tasa de deforestación elevada y deterioro y/o pérdida de ecosistemas naturales y corredores biológicos.	
Lineamiento ecológico: Proteger 5,262 ha. de ecosistemas naturales que conforman los ecosistemas de las barrancas de los Ríos Verde y Santiago frenando la deforestación y el deterioro de sus áreas prioritarias, conservando su calidad ecológica, biodiversidad y disminuir el riesgo de erosión y deslizamientos. Revertir la deforestación por cambio de uso de suelo en 265 ha. Solo se permiten las actividades pecuarias sobre 314 ha. en modalidad estabulada y sobre pendientes menores al 10%.	

Tabla II.136. **Descripción de la UGA An$_5$ 124-001 P. Elaboración propia**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	An5 124-001 P	An5	5	124-001	P	Tu	If	Ag, Ah, Mi, P, Fo, In	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. An: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 20, 22. Tu: 1, 2, 3 If: 2, 3, 4, 5, 8. CC: 8

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.137. **UGA Ahı 124-042 A. Elaboración propia**

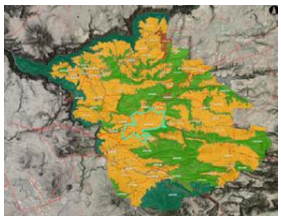
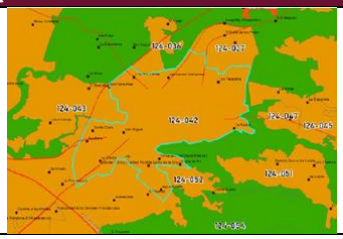
Ahı 124-042 A	
	
Uso predominante	Asentamiento Humano
Política ambiental	Aprovechamiento
Superficie:	2,264.68 hectáreas
Cobertura: Agua= 3.60 ha., Bosque= 40.85 ha., Selva= 223.71 ha., Secundario= 239.18 ha., Agropecuario= 1,142.10 ha., Urbano= 595.80 ha., Suelo Desnudo= 19.44 ha	
Elevación (msnm) de UGA:	1,469, Max= 1,587, Media= 1,522.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 1,388.66 ha., 5 a 10= 713.95 ha., 10 a 15= 136.60 ha., 15 a 20= 22.50 ha., más de 20= 2.97 ha., promedio= 4.61%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Zapotlanejo, La Palma, Santa Clara, El Trapiche, La Hiedra, Los Tepetates, San José del Río, Colonia La Cruz, Agua Blanca, J. Isabel Flores, Ocote de Nuño.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 180.98 ha., Baja=1,609.68 ha., Moderada= 466.99 ha., Alta= 7.02 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 66.51 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 2,007.11 ha., Baja= 155.78 ha., Media= 56.61 ha., Alta= 45.18 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	48.38 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	351.76 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Nula=832.49 ha., Muy Baja= 763.16 ha., Baja= 369.95 ha., Media= 239.39 ha., Alta= 55.81 ha. y Muy Alta= 3.88 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 41.91 ha., Baja= 184.58 ha., Media= 289.39 ha., Alta= 937.58 ha. Y Muy Alta= 811.22 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Baja= 41.91 ha., Baja= 184.58 ha., Media= 289.39 ha., Alta= 937.58 ha. Y Muy Alta= 811.22 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Muy Baja (1).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=1,225.80 ha., Media= 27.45 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 975.99 ha., Clase II= 937.56 ha., Clase III= 351.13 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	119.97 ha.
Impactos ambientales potenciales: Erosión y potencial de deslizamientos de suelo, algunas zonas con vulnerabilidad por inundaciones, disminución en la capacidad de recarga de mantos acuíferos y degradación de bienes y servicios ambientales por infraestructuras y actividades urbanas.	
Lineamiento ecológico: Atender lo dispuesto en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano, poniendo especial atención al respeto de cauces y cuerpos de agua, dentro de la zona federal de protección, respetar las zonas de recarga de acuíferos, identificar y conservar los sitios con potencial de erosión y deslizamientos de suelo y promover programas de reforestación urbana y cuidados al medio ambiente.	

Tabla II.138. **Descripción de la UGA Ahı 124-042 A. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	Ah1 124-042 A	Ah	1	124-042	A	If	In, Mi	Ag, P, Fo	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. An: 6, 7, 8, 12, 14, 22. Ah: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. If: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Mi: 1, 2. In: 1, 2, 3, 4. Ca: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9. CC: 7, 9, 10.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.139. **UGA An$_4$ 124-022 C. Elaboración propia.**

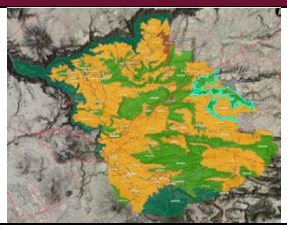
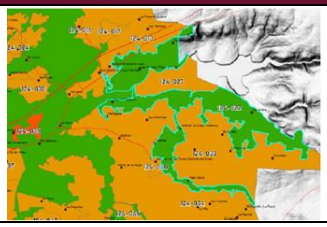
An$_4$ 124-022 C	
	
Uso predominante	Area Natural
Política ambiental	Conservación
Superficie:	1,874.30 hectáreas.
Cobertura: Agua= 17.14 ha., Bosque= 69.84 ha., Selva= 302.03 ha., Secundario= 530.95 ha., Agropecuario= 923.95 ha., Urbano= 9.16 ha. Suelo Desnudo= 21.22 ha.	
Elevación (msnm) de UGA:	Min= 1,584, Max= 1,764, Media= 1,677.
Pendientes de la UGA:	0 a 5= 701.46 ha., 5 a 10= 609.56 ha.,10 a 15= 263.28 ha., 15 a 20= 123.86 ha., más de 20= 176.15 ha., promedio= 9.04%.
Poblados o sitios importantes en esta UGA:	Las Puertas (plan de Calderón) y Calderón.
Zonas con Riesgo por Erosión:	Muy Baja= 5.94 ha., Baja=1,015.85 ha., Moderada= 785.43 ha., Alta= 64.47 ha. Y Muy Alta= 2.61 ha.
Zonas con Riesgo por Deslizamientos (movimiento de masa):	Baja= 321.30 ha., Media= 94.50 ha., Alta= 20.07 ha.
Zonas con Vulnerabilidad a Inundación:	Nula= 1,634.97 ha., Baja= 161.53 ha., Media= 76.90 ha., Alta= 0.90 ha.
Zonas con Importancia para Recarga de Acuíferos:	35.31 ha.
Zonas con Deforestación por Cambio de Uso de Suelo:	433.18 ha.
Calidad Ecológica de los Recursos dentro de la UGA:	Muy Baja= 528.10 ha., Baja= 348.93 ha., Media= 701.48 ha., Alta= 290 ha. y Muy Alta= 5.79 ha.
Presión de la Población y Actividades Productivas:	Muy Baja= 233.20 ha., Baja= 518.41 ha., Media= 208.56 ha., Alta= 914.13 ha.
Niveles de Estabilidad Ambiental:	Muy Estable= 233.34 ha., Estable= 521.51 ha., Meso estable= 442.74 ha., Inestable= 664.52 ha. Y Crítico= 12.20 ha.
Nivel de Fragilidad Natural dentro de la UGA:	Alta (4).
Deterioro o Degradación de Bienes y Servicios Ambientales:	Baja=609.03 ha., Media= 107.82 ha. y Severa= 2.79 ha.
Clases de Aptitud dentro de la UGA:	Clase I= 289.66 ha., Clase II= 581.56 ha., Clase III= 979.14 ha. y Clase IV= 23.94 ha.
Área Prioritaria para la Conservación:	604.08 ha.
Recursos vulnerables (Presencia de especies o ecosistemas prioritarios):	
Impactos ambientales potenciales: Deforestación y erosión por avance de la frontera agropecuaria, disminución de la capacidad de recarga del acuífero.	
Lineamiento ecológico: Conservar por lo menos 930 ha. con vegetación nativa para reducir los riesgos de erosión y deslizamientos, así como para el control de los escurrimientos. Establecer las actividades agrícolas solo en 260 ha. de superficie y las actividades pecuarias hasta en 500 ha., respetando cauces y cuerpos de agua y sus zonas federales.	

Tabla II.140. Descripción **de la UGA An4 124-022 C. Elaboración propia.**

ESCALA	UGA	CLAVE USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	NUM.DE UGA	POLÍTICA AMBIENTAL	USO COMPATIBLE	USO CONDICIONADO	USO INCOMPATIBLE	CRITERIOS
1:50,000	An4 124-022 C	An	4	124-022	C	Tu	Ac, Ag, If, Fo, P	Ah, Mi, In	Gn: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ac: 2, 4, 5, 6, 7, 8. Ag: 4, 5, 9, 10, 12, 13, 14, 23. An: 1, 2, 3, 4, 5-22, 19. If: 3, 4, 8. P: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Tu: 1, 2, 3, 4. Fo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. CC: 8, 11.

CONSULTA PÚBLICA



Del análisis de la incidencia del proyecto de infraestructura ferroviaria dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) de Zapotlanejo demuestra que el trazo atraviesa **11 UGA** con diversas políticas ambientales, las cuales se dividen en los siguientes grupos:

Política de Aprovechamiento: Unidades donde el desarrollo de infraestructura lineal como un tren de pasajeros generalmente es compatible o se maneja como "uso condicionado" sujeto a medidas de mitigación estándar. Las UGA asociadas son: Ag_2 124-043 A, Ag_1 124-034 A, Ag_1 124-049 A, Ag_1 124-036 A, Ag_2 124-013 A, P_4 124-037 A y Ah_1 124-042 A.

Política de Conservación: Zonas cuyo objetivo es mantener la estructura y función de los ecosistemas, donde el proyecto ferroviario es un uso condicionado que requiere medidas para evitar la fragmentación de hábitat y pasos de fauna. Las UGA asociadas son: An_4 124-031 C y An_4 124-022 C.

Política de Protección: Las zonas más restrictivas del ordenamiento, las cuales deben acatar todas las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación necesarias. Las UGA asociadas son: An_5 124-048 P y An_5 124-001 P.

A continuación, se realiza la vinculación de la obra con los criterios aplicables a las UGA, destacando que esta se efectúa únicamente con los criterios **generales (Gn)** y de **infraestructura (If)** debido a la naturaleza y escala federal del proyecto:

Tabla II.141. **Vinculación con los criterios aplicables de las UGA del POEL Zapotlanejo. Elaboración propia.**

CLAVE	CRITERIO	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO	APLICA PARA
Generales Gn			
Gn1	Cualquier tipo de infraestructura o equipamiento de inversión privada (incluyendo inversiones sociales de ejidos y comunidades agrarias) deberá ser compatible con la política, lineamientos, criterios y usos predominantes, compatibles y condicionados correspondientes.	El proyecto homologa su diseño a las directrices de política y usos de suelo de las UGA que cruza en su recorrido dentro del municipio de Zapotlanejo. Aunque se trate de infraestructura de gran escala (correspondiente al nivel federal), se sujeta a los usos condicionados y lineamientos locales establecidos para salvaguardar la vocación territorial. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Todas las UGAS
Gn2	En predios y parcelas situados en dos o más UGAS, el uso de las superficies correspondientes a cada UGA se regirá por la política asignada a cada una de ellas.	El proyecto tiene un trazo lineal, asegurando que cada superficie afectada se rija de manera independiente bajo la política y los criterios específicos de la UGA que le corresponda. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Todas las UGAS
Gn3	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de las Zonas Federales; por lo que no se	El proyecto reconoce la obligatoriedad de todo el marco normativo ambiental y urbano aplicable, comprometiéndose a operar bajo los parámetros, límites y autorizaciones que dictan las leyes y normativas mexicanas correspondientes.	Todas las UGAS

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	CRITERIO	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO	APLICA PARA
	describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio		
Gn4	La instalación de líneas de conducción deberá ser autorizada previa evaluación de impacto ambiental y el comité del POEL.	No aplica. El proyecto no llevara a cabo la instalación de líneas de conducción. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Todas las UGAS
Gn5	El Gobierno Municipal podrá solicitar a los Gobiernos Federal y Estatal los estudios de impacto ambiental, Técnicos justificativos, de Riesgos entre otros que tengan incidencia en el territorio municipal y emitir su opinión.	El proyecto facilita el acceso a los estudios ambientales y técnicos a la autoridad municipal, reconociendo su facultad de revisión e integración de opiniones para el correcto ordenamiento territorial local. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Todas las UGAS
Gn6	El Gobierno Municipal estará a cargo de la adecuada aplicación del POEL y podrá solicitar apoyo a la SEMADET.	El proyecto reconoce la autoridad del Gobierno Municipal en la aplicación del POEL y su facultad de coordinación con la SEMADET, sujetándose a la supervisión y validación territorial que estas instancias determinen en el ámbito de sus atribuciones. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Todas las UGAS
Gn7	El Gobierno Municipal evaluará cada 2 años los lineamientos y estrategias ecológicas, así como, los criterios de regulación ecológica y de ser necesaria su actualización o modificación se procederá de acuerdo al reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico.	El proyecto respeta los criterios vigentes y reconoce la facultad de revisión del municipio realizada cada dos años, manteniendo un esquema de seguimiento para adaptarse a posibles actualizaciones del ordenamiento ecológico. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Todas las UGAS
Infraestructura If			
If 1	Las nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos y contarán con un programa operativo que considere la desactivación, desinfección y disposición final de lodos.	Aplica a las instalaciones auxiliares o estaciones del tren que requieran tratamiento de aguas. El proyecto se compromete a utilizar tecnologías que minimicen lodos y a aplicar un programa operativo de desinfección y disposición final adecuada. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	Ag_2 124-013 A, P_4 124-037 A, Ah_1 124-042 A
2	Los caminos, andadores y estacionamientos deberán estar revestidos con materiales que permitan la infiltración del agua pluvial al subsuelo y deberán contar con un drenaje adecuado.	Dado que la mayor parte del trazo se proyecta sobre el DDV histórico, la fragmentación del hábitat y la afectación a la cubierta vegetal se reducen de manera significativa. En estricto cumplimiento de la jerarquía de mitigación, se ratifica que no se apertura ningún tipo de camino, brecha o acceso no autorizado. Asimismo, la infiltración pluvial hacia el subsuelo se garantizará mediante la permeabilidad natural del balastro a lo largo de la vía férrea, complementada con el diseño y operación de obras de drenaje eficientes. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P01.** *Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*	An_5 124-048 P, Ag_2 124-013 A, P4 124-037 A, An_5 124-001 P, Ah_1 124-042 A.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO	APLICA PARA
3	En la construcción de instalaciones turísticas en caso de que se utilicen materiales naturales no deberán usar aquellos que se encuentren amenazados según la norma NOM-059-SEMARNAT-2010.	No aplica. Cabe resaltar que el proyecto no utilizara materiales naturales de especies catalogadas en riesgo bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 en ninguna obra auxiliar o de paisajismo, asegurando procedencia legal y sustentable. **CUMPLIMIENTO:** de carácter informativo.	An_4 124-031 C, Ag_1 124-034 A, Ag_1 124-036 A, An_5 124-048 P, Ag_2 124-013 A, P4 124-037 A, An_5 124-001 P, Ah_1 124-042 A, An4 124-022 C.
4	Se obliga a toda actividad productiva verter sus aguas servidas al menos de la misma calidad biológica y fisicoquímica en que la recibió al inicio de su utilización.	No aplica, toda vez que el proyecto no realizará descargas de aguas residuales hacia cuerpos receptores. Durante la fase de preparación y construcción para el manejo de las aguas sanitarias generadas por el personal en los frentes de obra, se instalarán letrinas o sanitarios portátiles dentro de las áreas destinadas para obras provisionales (en el DDV). Este servicio será operado a través de una empresa especializada y autorizada, la cual se encargará de su mantenimiento periódico, limpieza y correcta disposición final, contemplando una proporción de una unidad por cada 15 trabajadores. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*	An_4 124-031 C, Ag_1 124-034 A, Ag_1 124-036 A, An_5 124-048 P, Ag_2 124-013 A, P_4 124-037 A, An_5 124-001 P, Ah_1 124-042 A, An_4 124-022 C.
5	En la construcción de carreteras, se construirán pasos de fauna, diseñados en base a un estudio ecológico que determine la localización, cantidad, dimensiones y tipología, que responderán a criterios ecológicos y etológicos; en el entendido como pasos de fauna los siguientes: pasos canadienses, puentes, pasos elevados de fauna, pasos subterráneos, canales de cunetas, falso túnel con paso superior de la fauna, paso subterráneo para fauna y rampa de escape de canales de cuneta, las cuales serán evaluadas por la autoridad competente.	Aplicable por analogía a obras lineales de transporte. El proyecto contempla el diseño, modelación espacial y ubicación estratégica de estructuras de cruce fundamentadas en estudios ecológicos, con el propósito de prevenir la fragmentación del hábitat y salvaguardar la movilidad de la fauna silvestre local. En el caso de la fauna, se realizarán acciones de ahuyentamiento de los animales, y el rescate a través de la manipulación de los individuos de lento desplazamiento. Después de su correcta valoración por una persona acreditada en el diagnóstico de fauna, serán liberados dentro de sitios con condiciones similares de los que fueron rescatados, y asegurando así su permanencia dentro de los ecosistemas. Para las especies exóticas y exóticas-invasoras, en el caso de las especies de flora serán erradicadas y el material vegetal será reincorporado al suelo orgánico (asegurándose de que no se presenten propágulos de las especies) y se utilizarán en la elaboración de composta y arrope de taludes. En el caso de la fauna, será dispuesta a las unidades de manejo animal pertinentes. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M06** *Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.* - **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.*	Ag_2 124-013 A, P_4 124-037 A, An_5 124-001 P, Ah_1 124-042 A.
6	En todo desarrollo inmobiliario o crecimiento urbano se separarán el drenaje pluvial del drenaje sanitario.	No aplica, debido a que el Proyecto no corresponde a un desarrollo inmobiliario, sin embargo, para garantizar la correcta operación de esta infraestructura y el control de efluentes, se realizará la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs) y cunetas (obras longitudinales),	Ag_2 124-013 A, P_4 124-037 A, Ah_1 124-042 A.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO	APLICA PARA
		que adicionalmente ayudarán a mantener la dinámica hidrológica dentro de la Región Ecológica (RE). Por otra parte, se realizará la correcta gestión integral de los residuos. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*	
7	En los estrechamientos de los márgenes de ríos y arroyos se desarrollarán obras de infraestructura que permitan mitigar las inundaciones recurrentes y plantar árboles y arbustos que retengan la erosión.	El proyecto prevé la construcción de obras de cruce hidráulico adecuadas para prevenir riesgos de inundación. Se implementarán programas de plantación con especies de árboles y arbustos nativos en las zonas riparias, con la finalidad de estabilizar los márgenes, controlar los procesos erosivos y proteger los cuerpos de agua interceptados por el trazo. Para garantizar la correcta ejecución de estas acciones, se prevé la construcción de obras de drenaje transversal (ODTs) y longitudinales (cunetas), así como la colocación de una cortina vegetal dentro del derecho de vía solicitado, además de la implementación de acciones enfocadas en la protección y conservación de suelos. **CUMPLIMIENTO:** MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.* COMPENSACIÓN - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.* - **C04** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos.*	Ah_1 124-042 A.
8	No se permite el desarrollo inmobiliario en terrenos con manto freático elevado o depresiones naturales.	Si bien el proyecto no constituye un desarrollo inmobiliario, a través de sus estudios geotécnicos e hidrogeológicos se asegura la identificación oportuna de niveles freáticos elevados o depresiones topográficas. Esto permite implementar las medidas de diseño y construcción necesarias para prevenir alteraciones en el régimen hídrico y evitar impactos negativos en el subsuelo (Anexo IV). Para garantizar la efectividad de estas acciones, se realizará la estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte) y la construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal). **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* MITIGACIÓN - **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje*	Ag_2 124-013 A, An_5 124-001 P, Ah_1 124-042 A, An_4 124-022 C.

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	CRITERIO	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO	APLICA PARA
		transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.	
9	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto.	El proyecto se compromete a incorporar exclusivamente vegetación nativa del ecosistema local en el diseño y establecimiento de sus áreas verdes, estaciones, taludes y zonas de compensación ambiental, omitiendo por completo el uso de especies exóticas o invasoras para preservar la integridad de la flora regional. Para garantizar la correcta ejecución y el éxito de estas directrices, la instrumentación técnica y operativa se realizará mediante la *estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*) para la cobertura vegetal en taludes; la colocación de una *cortina vegetal sobre el derecho de vía*) para el establecimiento de barreras vivas y arbolado lineal; y los programas de compensación y restauración ecológica a enfocados en la recuperación de ecosistemas degradados que requieran la asistencia activa de recuperación a través de reforestaciones, empleando especies nativas y de importancia ecológica para la región. Con ello se asegura la compatibilidad paisajística, la resiliencia ambiental y la restitución biológica tanto en los tramos rurales como en el entorno urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara. **CUMPLIMIENTO:** PREVENCIÓN - **P02.** *Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.* COMPENSACIÓN - **C01** *Programa de Compensación Zona el Bajío.* - **C02** *Programa de Compensación Zonas agrícolas, rurales y forestales.* - **C03** *Cortina vegetal sobre el derecho de vía.*	Ahı 124-042 A.

La vinculación del Proyecto con los criterios de infraestructura (If) del POEL de Zapotlanejo demuestra **una integración rigurosa y compatible con las vocaciones territoriales** de las 11 UGA (anexo II.5) que atraviesa. A pesar de tratarse de una obra federal lineal que adapta o exime ciertos lineamientos concebidos originalmente para desarrollos urbanos, inmobiliarios o turísticos, el Proyecto implementa medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación equivalentes de alta exigencia técnica.

Estas acciones aseguran el cumplimiento ambiental mediante la preservación de la infiltración pluvial natural a través del balastro, el manejo especializado de aguas sanitarias con sanitarios portátiles en frentes de obra, el diseño estratégico de pasos de fauna sustentados en estudios ecológicos, la correcta ejecución de obras de cruce hidráulico y protección de cauces, la prevención de alteraciones en mantos freáticos, y el uso exclusivo de vegetación nativa en la estabilización de taludes y programas de restauración, garantizando la salvaguarda de los objetivos ecológicos tanto en las zonas de aprovechamiento como en las de conservación y protección.

CONSULTA PÚBLICA



II.3.12 *Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) de Tonalá*

Fecha de aprobado: 27 de mayo de 2021.
Fecha de última publicado: 28 de mayo de 2021.
Fuente de consulta y publicación:
https://portal-transparencia.tonala.gob.mx/wp-content/uploads/2023/10/Programa-de-Ordenamiento-Ecologico-Local-del-Municipio-de-Tonala-25-mayo-2021_compressed.pdf.

El POEL de Tonalá, Jalisco, aprobado por el Ayuntamiento el 27 de mayo de 2021 y publicado en la Gaceta Municipal el 28 de mayo de 2021, regula el uso del suelo y la preservación ambiental. Lo más interesante de este instrumento es que adopta un modelo de gestión adaptativo y flexible, superando la rigidez de la planeación urbana tradicional. Mediante un monitoreo sistemático con revisiones bienales, el municipio analiza periódicamente las tendencias de deterioro para ajustar sus estrategias ecológicas. Esto asegura una constante corrección de desviaciones para equilibrar eficazmente el desarrollo urbano con la protección del entorno.

Este programa es la herramienta que regula el uso del suelo y las actividades productivas en el municipio, buscando un equilibrio entre el crecimiento de la ciudad y la conservación del medio ambiente para prevenir conflictos socioambientales y el deterioro de los recursos.

El territorio se organiza mediante Unidades de Gestión Ambiental (UGA), que son áreas específicas donde se aplican metas y reglas ambientales. Su trazado se definió tras analizar las características naturales del municipio (como las pendientes, la vegetación, la Barranca de Huentitán y sus microcuencas) y cruzar esa información con la presencia de la población y los sectores productivos, detectando así zonas de choque e incompatibilidad. Con esto se asignó a cada UGA una política clara: conservación, protección, restauración o aprovechamiento sustentable. Para funcionar junto con los planes urbanos, el POEL utiliza dos niveles de zonificación:

- **Zonificación Primaria:** Divide al municipio a gran escala en áreas de conservación y protección ecológica (como la Barranca de los Ríos Santiago y Verde, cauces y zonas de recarga del agua), áreas para el uso agropecuario y zonas destinadas al crecimiento urbano e industrial.
- **Zonificación Secundaria:** Es la regla detallada por predio que indica los usos de suelo permitidos, prohibidos o condicionados, además de fijar los Criterios de Regulación Ecológica (CRE) como densidades, límites de ocupación del suelo y restricciones para construir cerca de arroyos o en terrenos con pendientes pronunciadas.

En la práctica, el POEL opera como una norma obligatoria que condiciona cualquier trámite o permiso de construcción. Cuando se recibe un proyecto, las dependencias de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente ubican el terreno en la cartografía municipal para verificar que la actividad coincida con la Zonificación Primaria y con la compatibilidad de uso de la UGA. De ser viable, la obra se autoriza únicamente si cumple con los Criterios de Regulación Ecológica. La aplicación del programa se respalda con vigilancia e inspección

CONSULTA PÚBLICA



municipal en campo y con las evaluaciones periódicas del Comité del Ordenamiento Ecológico Local.

Para el trazo del proyecto, se identificaron que incide en las siguientes UGA: 1, 26, 27, 32, 35 39a y 39b.

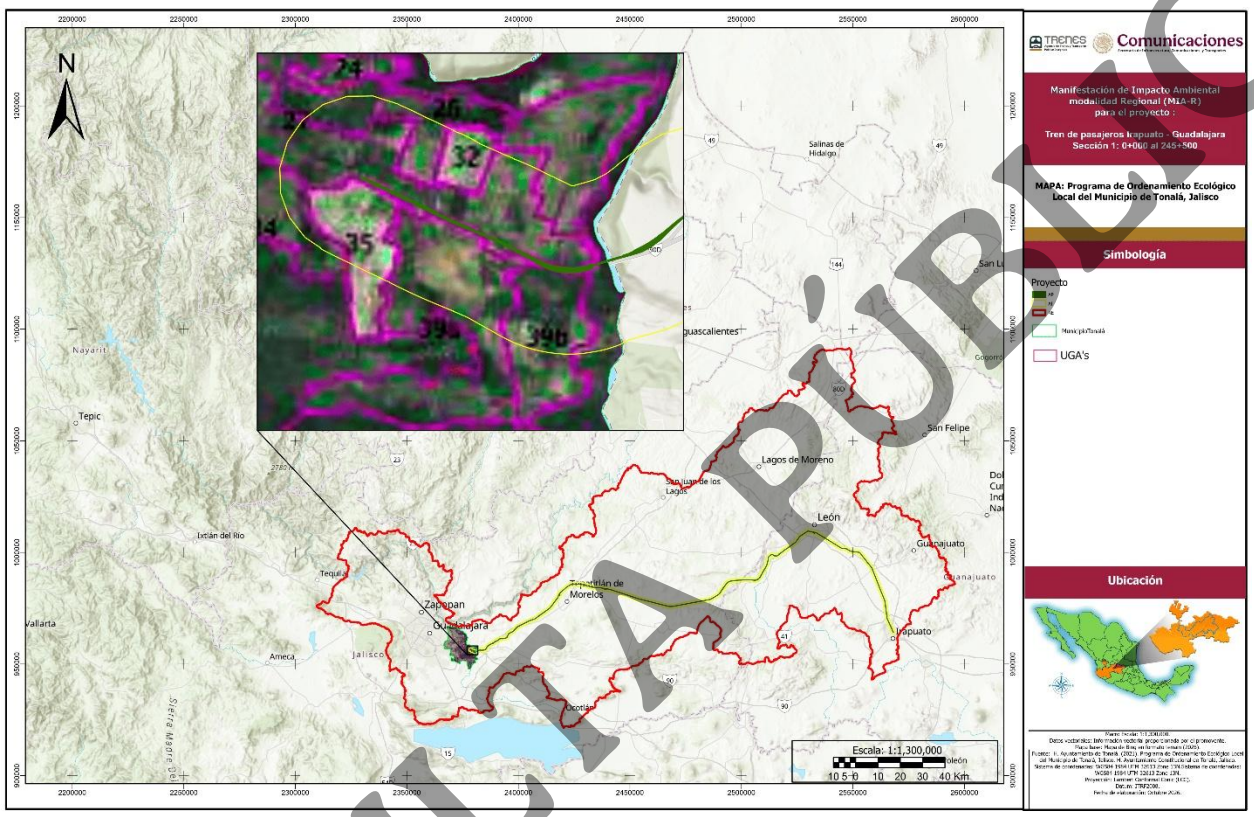
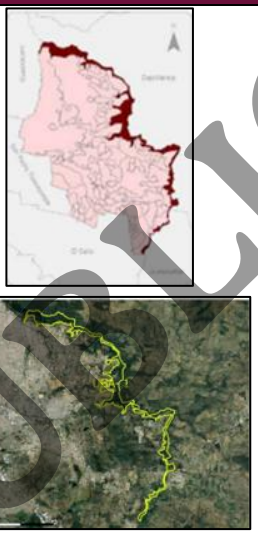
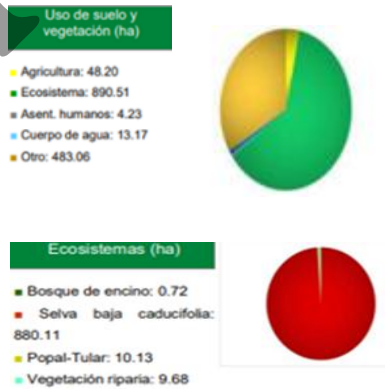


Figura II.12. Mapa de UGA de acuerdo con el POEL de Tonalá y el Trazo del Proyecto. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se presentan las descripciones de las UGA:

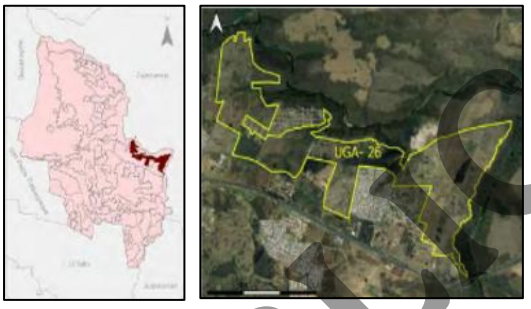
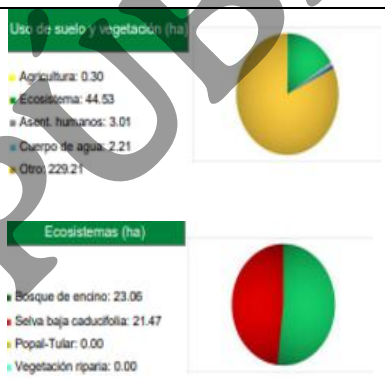
Tabla II.142. **Ficha técnica de la UGA ANP$_3$ 101-01-P. Elaboración propia.**

FICHA TÉCNICA UGA ANP$_3$ 101-01-P		
1. Datos Generales		
UGA	ANP$_3$ 101-01-P	
Política ambiental	Protección	
Superficie (ha)	1,438.64	
Uso de suelo predominante	Selva baja caducifolia	
Pendiente promedio (%)	42.11	
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	5.14 / 10	
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	8.11 / 10	
2. Uso de suelo y vegetación (ha)		
Agricultura	48.2	
Ecosistema	890.51	
Asent. humanos	4.23	
Cuerpo de agua	13.17	
Otro	483.06	
3. Ecosistemas (ha)		
Bosque de encino	0.72	
Selva baja caducifolia	880.11	
Popal-Tular	10.13	
Vegetación riparia	9.68	
4. Tabla MODELO		
Lineamiento	Remitirse al Programa de Aprovechamiento del área natural protegida "Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de Río Santiago y Verde" bajo decreto DIGELAG DEC 003/2016 publicado en el Periódico Oficial "El Estado de Jalisco" de fecha 20 de diciembre de 2016.	
Estrategias		
Criterios		
Usos permitidos		
Usos no permitidos		

Se realizó la vinculación con el ANP Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de Río Santiago y Verde, en el numeral ***II.5.1.2. Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal y municipal.***

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.143. **Ficha técnica de la UGA Fo_2 101-26-R. Elaboración propia.**

FICHA TÉCNICA UGA Fo_2 101-26-R		
1. Datos Generales		
UGA	Fo_2 101-26-R	
Política ambiental	Restauración	
Superficie (ha)	279.41	
Uso de suelo predominante	Pastizal inducido	
Pendiente promedio (%)	10.34	
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	1.87 / 10	
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	6.92 / 10	
2. Tabla de Uso de suelo y vegetación (ha)		
Agricultura	0.3	
Ecosistema	44.53	
Asent. humanos	3.01	
Cuerpo de agua	2.21	
Otro	229.21	
3. Tabla de Ecosistemas (ha)		
Bosque de encino	23.06	
Selva baja caducifolia	21.47	
Popal-Tular	0	
Vegetación riparia	0	
4. Tabla MODELO		
Lineamiento	En los terrenos preferentemente forestales llevar a cabo la restauración ecológica en 229.21 ha. de usos identificados como otros, de la tabla de uso de suelo y vegetación en un periodo de 3 años. Se pueden llevar a cabo cambios de uso de suelo en una superficie necesaria para la prevención y manejo del fuego y el control de plagas forestales. Conservar la superficie de 44.53 ha. de usos identificados como ecosistemas de la tabla de uso de suelo y vegetación en un periodo de 3 años.	
Estrategias	E01, E07, E29, E32, E33, E42, E44	
Criterios	Co01, Co05, Fn01, Fn02, Fo01, Fo02, Fo03, **If01, If03**, Tu01, Tu02, Tu03, Tu04, Tu05, Ah03, Ah10, Ah11, Ah12, Ah13, Ah14, Ah15, Ah16, Ah17, Ah18, Ah19, Ah21, Ah23	
Usos permitidos	Conservación, Agricultura, Forestal Maderable, Forestal no Maderable, Pecuario, Turismo, Infraestructura, Asentamientos Humanos.	
Usos no permitidos	Industria, Minería	

CONSULTA PÚBLICA



Para esta UGA solo se registran dos criterios aplicables a Infraestructura:

- If01: Requisitos para el desarrollo de infraestructura vial, eléctrica o de servicios, garantizando el libre flujo hídrico y la no interrupción de corredores biológicos.

Vinculación y cumplimiento: El proyecto da cumplimiento a este criterio mediante el diseño y trazo de la infraestructura lineal, garantizando el libre flujo hídrico y la preservación de la conectividad ecológica a través de obras de drenaje transversal y pasos de fauna, evitando así la fragmentación del hábitat y la afectación de los corredores biológicos en el área de influencia.

CUMPLIMIENTO:
MITIGACIÓN
- **M07.** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal, así como de los escurrimientos intermitentes y permanentes a lo largo del trazo ferroviario.*
- **M09** *Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.*

- If03: Disposiciones para el manejo integral de aguas residuales y drenaje en obras de infraestructura para evitar la contaminación de cauces y acuíferos.

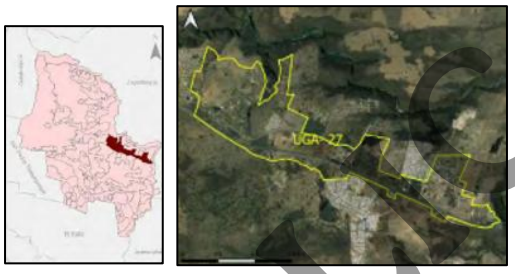
Vinculación y cumplimiento: Se da cumplimiento a esta disposición mediante la implementación de un sistema de manejo integral de aguas residuales (por medio de sanitarios portátiles) y pluviales durante las etapas de construcción y operación, asegurando la correcta conducción del drenaje y previniendo cualquier riesgo de contaminación sobre los cauces superficiales y los cuerpos de agua presentes en la región.

CUMPLIMIENTO:
PREVENCIÓN
- **P06.** *Manejo integral de residuos generados en la obra.*
- **P07.** *Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.*

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.144. **Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-27-A. Elaboración propia.**

FICHA TÉCNICA: UGA Ah_2 101-27-A		
1. Datos Generales		
UGA	Ah_2 101-27-A	
Política ambiental	Aprovechamiento	
Superficie (ha)	392.39	
Uso de suelo predominante	Pastizal inducido	
Pendiente promedio (%)	8.96	
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	0.56 / 10	
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	5.79 / 10	
2. Uso de suelo y vegetación (ha)		
Agricultura	15.13	
Ecosistema	8.71	
Asent. humanos	119.62	
Cuerpo de agua	1.66	
Otro	247.23	
3. Ecosistemas (ha)		
Bosque de encino	3.88	
Selva baja caducifolia	3.88	
Popal-Tular	0	
Vegetación riparia	0.95	
4. Tabla MODELO		
Lineamiento	Se remite al Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Tonalá, Jalisco.	
Estrategias		
Criterios		
Usos permitidos		
Usos no permitidos		

De acuerdo con lo mencionado en esta UGA su vinculación con los criterios se remite al numeral ***II.4.11. Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tonalá*** donde se presenta el PMDU del municipio de Tonalá y su vinculación con los usos de suelo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.145. **Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-32-A. Elaboración propia.**

FICHA TÉCNICA: UGA Ah_2 101-32-A		
1. Datos Generales		
UGA	UGA Ah_2 101-32-A	
Política ambiental	Aprovechamiento	
Superficie (ha)	29.04 ha	
Uso de suelo predominante	Asentamientos humanos	
Pendiente promedio (%)	8.34%	
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	0.26 / 10	
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	4.62 / 10	
2. Uso de suelo y vegetación (ha)		
Agricultura	0	
Ecosistema	0.31	
Asent. humanos	26.85	
Cuerpo de agua	0	
Otro	1.94	
3. Ecosistemas (ha)		
Bosque de encino	0	
Selva baja caducifolia	0.31	
Popal-Tular	0	
Vegetación riparia	0	
4. Tabla MODELO		
Lineamiento	Se remite al Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Tonalá, Jalisco.	
Estrategias		
Criterios		
Usos permitidos		
Usos no permitidos		

De acuerdo con lo mencionado en esta UGA su vinculación con los criterios se remite al numeral ***II.4.11. Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tonalá*** donde se presenta el PMDU del municipio de Tonalá y su vinculación con los usos de suelo.

CONSULTA PÚBLICA

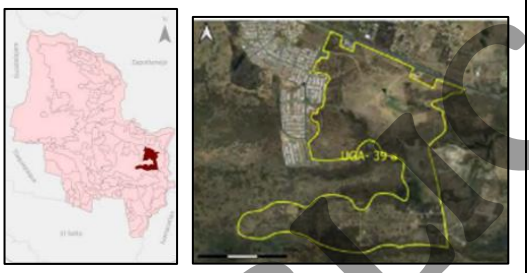
Tabla II.146. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-35-A. Elaboración propia.

FICHA TÉCNICA: Ah_2 101-35-A		
1. Datos Generales		 
UGA	Ah_2 101-35-A	
Política ambiental	Aprovechamiento	
Superficie (ha)	79	
Uso de suelo predominante	Asentamientos humanos	
Pendiente promedio (%)	9.69%	
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	0.01 / 10	
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	4.61 / 10	
2. Uso de suelo y vegetación (ha)		
Agricultura	0	
Ecosistema	0.01	
Asent. humanos	70.04	
Cuerpo de agua	0	
Otro	9.1	
3. Ecosistemas (ha)		
Bosque de encino	0.01	
Selva baja caducifolia	0	
Popal-Tular	0	
Vegetación riparia	0	
4. Tabla MODELO		
Lineamiento	Se remite al Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Tonalá, Jalisco.	
Estrategias		
Criterios		
Usos permitidos		
Usos no permitidos		

De acuerdo con lo mencionado en esta UGA su vinculación con los criterios se remite al numeral ***II.4.11. Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tonalá*** donde se presenta el PMDU del municipio de Tonalá y su vinculación con los usos de suelo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.147. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-39a-A. Elaboración propia.

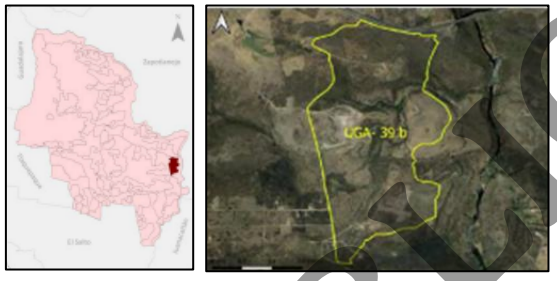
FICHA TÉCNICA: Ah_2 101-39a-A		
1. Datos Generales		
UGA	Ah_2 101-39a-A	
Política ambiental	Aprovechamiento	
Superficie (ha)	223.22	
Uso de suelo predominante	Pastizal Inducido	
Pendiente promedio (%)	10.26%	
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	2.20/10	
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	5.38/10	
2. Uso de suelo y vegetación (ha)		
Agricultura	0	
Ecosistema	48.4	
Asent. humanos	5.64	
Cuerpo de agua	0.75	
Otro	168.47	
3. Ecosistemas (ha)		
Bosque de encino	0	
Selva baja caducifolia	48.4	
Popal-Tular	0	
Vegetación riparia	0	
4. Tabla MODELO		
Lineamiento	Se remite al Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Tonalá, Jalisco.	
Estrategias		
Criterios		
Usos permitidos		
Usos no permitidos		

De acuerdo con lo mencionado en esta UGA su vinculación con los criterios se remite al numeral *II.4.11. Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tonalá* donde se presenta el PMDU del municipio de Tonalá y su vinculación con los usos de suelo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.148. Ficha técnica de la UGA Ah_2 101-39b-A. Elaboración propia.

FICHA TÉCNICA: Ah_2 101-39b-A	
1. Datos Generales	
UGA	Ah_2 101-39b-A
Política ambiental	Restauración
Superficie (ha)	100.9
Uso de suelo predominante	Pastizal Inducido
Pendiente promedio (%)	13.14%
Área prioritaria para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad	2.28
Área prioritaria para el mantenimiento de los servicios ambientales	6.88/10
2. Uso de suelo y vegetación (ha)	
Agricultura	0.88
Ecosistema	36.01
Asent. humanos	1.11
Cuerpo de agua	0.16
Otro	62.74
3. Ecosistemas (ha)	
Bosque de encino	0
Selva baja caducifolia	36.01
Popal-Tular	0
Vegetación riparia	0
4. Tabla MODELO	
Lineamiento	Aprovechar 62.74 ha. de usos identificados como otros en específico para la minería de la tabla de uso de suelo y vegetación en un periodo de 3 años. Conservar 36.01 ha. de usos identificados como ecosistema de la tabla de uso de suelo y vegetación en un periodo de 3 años. Se mantienen 0.16 ha. de los cuerpos de agua presentes, con las fluctuaciones en su superficie propias del régimen de lluvias.
Estrategias	E028
Criterios	Mi01, Mi02, Mio3
Usos permitidos	Minería
Usos no permitidos	Acuacultura, Pecuario, Agricultura, Forestal Maderable, Forestal no Maderable, Turismo, Asentamientos Humanos, Industria, Infraestructura





CONSULTA PÚBLICA



La UGA no contempla el desarrollo de infraestructura, limitando estrictamente su uso de suelo a la actividad minera. Derivado del análisis espacial y de la superposición del trazo del proyecto ferroviario con la cartografía del POEL de Tonalá, se observa que el eje del proyecto colinda únicamente con el extremo superior de la UGA, por lo que, solo el **área de influencia** intersecta con este polígono. Cabe resaltar que no se ejecutará ningún tipo de obra o acción constructiva fuera del DDV histórico del proyecto ferroviario, garantizando que dicha superficie no sufra afectación alguna.

Conclusión:

El análisis del POEL de Tonalá, deja ver que el proyecto ferroviario se estructuró tomando en cuenta las reglas territoriales del municipio. Al cruzar el territorio, la ruta pasa por siete Unidades de Gestión Ambiental (UGAs 1, 26, 27, 32, 35, 39a y 39b), cada una con enfoques distintos que van desde la protección rigurosa hasta el aprovechamiento y la restauración.

Lo revisado en campo y gabinete muestra que la obra cumple con las disposiciones ecológicas. En sitios delicados como la UGA 1, que protege la Barranca de Río Santiago y Verde, o en las zonas urbanas e industriales (UGAs 26, 27, 32, 35 y 39a), el diseño incluye las medidas necesarias para cuidar los flujos de agua, evitar cortes drásticos en la conectividad natural y cumplir con los Criterios de Regulación Ecológica.

Por otro lado, en tramos específicos como la UGA 39b; donde el uso de suelo está reservado exclusivamente para la minería, los recorridos confirman que los trabajos del tren no invaden áreas restringidas, ya que se apegan únicamente al DDV histórico, limitando cualquier interacción a su zona de influencia indirecta.

El proyecto encaja de manera adecuada con los instrumentos de planeación de Tonalá, logrando avanzar sin alterar los objetivos de conservación ni poner en riesgo los recursos ambientales del municipio.

CONSULTA PÚBLICA





II.4 PROGRAMAS Y/O PLANES DE DESARROLLO URBANO

El análisis de los instrumentos de planeación urbana es un componente fundamental para garantizar la integración del Proyecto con las dinámicas de crecimiento socioeconómico, territorial y demográfico de los centros de población involucrados. Al tratarse de una obra de altas especificaciones técnicas; la cual enlaza corredores industriales y logísticos estratégicos del Bajío con el occidente del país), su trazo incide directamente en el ordenamiento territorial de los municipios que atraviesa en su recorrido interestatal.

Para el desarrollo del presente análisis, se consideran las directrices de los instrumentos de planeación urbana vigentes en el corredor interconectado, el cual comprende, en el estado de *Guanajuato*, los municipios de **Irapuato, León, Silao de la Victoria, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón;** y, en su continuación hacia el estado de *Jalisco*, los municipios de **San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic, Zapotlanejo y Tonalá.**

En consecuencia, el presente apartado examina la congruencia del Proyecto con los Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) y los Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial locales, aplicables en ambas entidades. El objetivo es identificar las zonas de compatibilidad urbana, prevenir conflictos en el uso del suelo y asegurar que la infraestructura ferroviaria se articule adecuadamente con las previsiones de crecimiento a corto, mediano y largo plazo establecidas por las autoridades municipales y estatales, garantizando la funcionalidad del sistema de transporte y el desarrollo sustentable del territorio.

A) ESTADO DE GUANAJUATO

Adicionalmente al Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio y a las disposiciones aplicables a las Unidades de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT), los Programas Municipales de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) establecen instrumentos de planeación urbana mediante los cuales se regula la ocupación, aprovechamiento y desarrollo del territorio municipal.

Entre dichos instrumentos se encuentra la zonificación primaria, mediante la cual se establece la organización general del territorio y se delimitan, entre otras, las áreas urbanizadas, urbanizables, de conservación, aprovechamiento rural o aquellas sujetas a algún régimen particular, de acuerdo con las categorías establecidas por cada Programa Municipal.

De esta forma, cuando el instrumento correspondiente lo establece, la zonificación secundaria determina con mayor detalle los usos y destinos del suelo, así como sus compatibilidades, condicionantes, restricciones y demás disposiciones aplicables a las distintas zonas que integran el territorio municipal.

En este contexto, se realizó la sobreposición espacial del trazo del Proyecto con la cartografía de zonificación primaria y, en su caso, secundaria establecida en los PMDUOET de

CONSULTA PÚBLICA



los municipios en los que incide el Proyecto, con la finalidad de identificar las categorías territoriales sobre las cuales se desarrolla la infraestructura ferroviaria y determinar su congruencia con los usos, destinos, modalidades y restricciones previstos por los instrumentos municipales de planeación.

II.4.1 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de Irapuato*

Fecha de última publicación: El 5 de mayo de 2021, Número 89, Cuarta Parte del Periódico Oficial del Estado de Guanajuato.
Fuente de consulta: https://implanirapuato.gob.mx/pmduoet/

El PMDUOET de Irapuato establece la zonificación primaria y secundaria como instrumentos para regular los usos y destinos del territorio municipal. La zonificación primaria distingue las áreas urbanizadas, urbanizables y no urbanizables, mientras que la zonificación secundaria determina con mayor detalle los usos y destinos del suelo, así como su compatibilidad, condicionamiento o incompatibilidad.

El PMDUOET de Irapuato incorpora en el apartado VI.1.7 la Tabla de Compatibilidades (del documento), mediante la cual se establecen relaciones de compatibilidad, condicionamiento e incompatibilidad entre los grupos de usos y destinos del suelo considerados por el Programa. No obstante, de la revisión de las categorías incluidas en dicha tabla se identificó que no se establece de manera expresa un grupo de uso o destino correspondiente a vías férreas, ferrocarril o infraestructura ferroviaria.

Si bien la tabla contempla categorías como infraestructura pública, equipamiento especializado, entre otros, el Programa no establece expresamente que la infraestructura ferroviaria deba clasificarse dentro de alguno de dichos grupos. En consecuencia, no se considera procedente homologar el Proyecto con alguna de estas categorías para determinar su compatibilidad mediante la Tabla VI.1.7 (anexo II.2), ya que ello implicaría realizar una interpretación que no se encuentra expresamente establecida en el instrumento.

Por lo anterior, la vinculación territorial del Proyecto se realiza a partir de la zonificación primaria y secundaria atravesada por el trazo.

De acuerdo con la sobreposición del trazo del Proyecto con la cartografía del PMDUOET de Irapuato, éste incide sobre superficies clasificadas dentro de la zonificación primaria como **Área Urbanizada**, **Área Urbanizable** y **Área No Urbanizable;** mientras que, conforme a la zonificación secundaria, se presentan los usos y destinos **Vialidad**, **Infraestructura Pública (IP)**, **Comercio (C)**, **Mixto (M)**, **Habitacional densidad media H2**, **Habitacional densidad baja H1**, **Industrial (I)**, **Agrícola (Ag)**, **Habitacional densidad alta H3**, **Cuerpos de agua (CA)**, **Forestal (F)**.

CONSULTA PÚBLICA

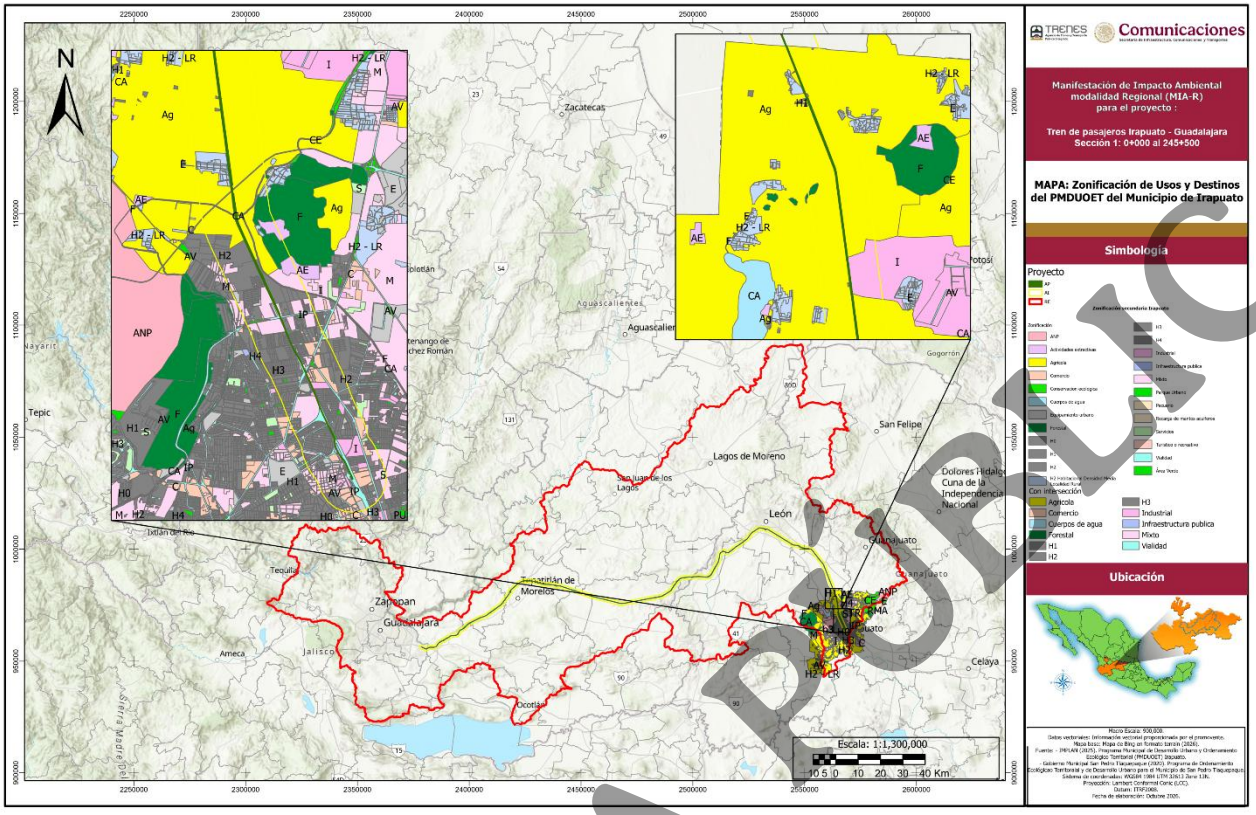


Figura II.13. **Ubicación del Proyecto de acuerdo con la Zonificación primaria y secundaria del PMDUOET del municipio de Irapuato. Elaboración propia.**

La mayor parte del trazo del Proyecto dentro del municipio de Irapuato se desarrolla sobre o de manera paralela inmediata al corredor ferroviario existente, aprovechando una franja territorial que actualmente ya se encuentra destinada a infraestructura ferroviaria. Únicamente en determinados sectores el nuevo alineamiento presenta desviaciones puntuales respecto de la vía existente, derivadas de las necesidades técnicas y geométricas del Proyecto.

Esta condición resulta relevante para el análisis de compatibilidad territorial, toda vez que la incidencia cartográfica del trazo sobre zonas habitacionales, comerciales, mixtas, industriales o agrícolas no implica necesariamente la introducción de un nuevo uso ferroviario en la totalidad de dichas superficies, sino que, en gran parte del recorrido, corresponde a la permanencia y adecuación de la infraestructura lineal previamente establecida en el territorio.

Lo anterior guarda congruencia con el propio PMDUOET, el cual reconoce dentro de la zonificación primaria los DDV y zonas de salvaguarda, particularmente aquellos asociados con infraestructura estratégica, señalando que la zonificación comprende los polígonos de protección y amortiguamiento y los derechos de vía correspondientes.

En consecuencia, la compatibilidad territorial del Proyecto debe analizarse considerando conjuntamente: a) la existencia previa del corredor ferroviario; b) la zonificación primaria y secundaria establecida por el PMDUOET; c) la Tabla de Compatibilidades; d) las

CONSULTA PÚBLICA



actividades compatibles definidas para las zonifiaciones involucradas; y e) las modalidades y restricciones aplicables a las vías férreas y derechos de vía.

Para aquellos sectores puntuales en los que el nuevo trazo se separa del corredor ferroviario existente, se atenderá específicamente la zonificación primaria y secundaria sobre la cual se proyecta la nueva infraestructura, así como las modalidades y restricciones aplicables, procurando limitar la ocupación a la superficie estrictamente necesaria para la ejecución y operación segura del Proyecto.

Tabla II.149. **Vinculación del Proyecto con Usos y Destinos del Municipio de Irapuato. Elaboración propia.**

USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Área Urbanizada – Vialidad.	La incidencia del Proyecto se presenta predominantemente en un entorno previamente ocupado por infraestructura ferroviaria. El Proyecto aprovechará mayoritariamente el corredor ferroviario existente, en los puntos de interacción entre la vía férrea y la red vial existente se mantendrá su funcionalidad y conectividad y se atenderán las condiciones de seguridad, señalización y obras de cruce que correspondan. La ejecución del Proyecto no tiene por objeto modificar la función de las vialidades existentes.
Área Urbanizada – Infraestructura Pública (IP).	Existe congruencia funcional entre este destino y la naturaleza del Proyecto como infraestructura de transporte. El trazo se desarrollará mayoritariamente asociado al corredor ferroviario existente, por lo que no representa la introducción de una función territorial ajena a las condiciones actuales del sitio. La Tabla de Compatibilidades del PMDUOET reconoce la infraestructura pública como un destino compatible en las distintas zonas representadas en la matriz, por lo que el Proyecto mantiene una relación funcional con este destino, sin perjuicio del cumplimiento de las modalidades y restricciones específicas aplicables al DDV.
Área Urbanizada – Comercio (C).	La sobreposición con esta zonificación se presenta en un contexto urbano atravesado actualmente por infraestructura ferroviaria. El Proyecto no pretende modificar el uso comercial de los predios colindantes. Durante la construcción se implementarán medidas para mantener, en la medida técnicamente posible, los accesos, movilidad y funcionalidad de los establecimientos y servicios existentes.
Área Urbanizada / Urbanizable – Mixto (M).	La infraestructura ferroviaria constituye un elemento existente de la estructura territorial. El Proyecto mantiene mayoritariamente dicha función lineal y no tiene por objeto sustituir los usos mixtos establecidos por el Programa. En los sectores de desviación del nuevo alineamiento se observarán las restricciones y condiciones específicas aplicables y las obras se realizarán procurando mantener la funcionalidad de los usos urbanos existentes, sus accesos y las vialidades con las que interactúe el tren.
Área Urbanizada-H2.	La presencia del ferrocarril antecede al Proyecto en gran parte de estos sectores. Por ello, la construcción del nuevo trazo debe entenderse como parte de la adecuación del corredor ferroviario y no como la introducción generalizada de un nuevo uso dentro de las áreas habitacionales. Debido a la proximidad de receptores sensibles se realizarán medidas de control de ruido, vibraciones, polvo, tránsito de maquinaria y seguridad durante las obras (Capítulo IV).
Área Urbanizable para Consolidación – H2.	
Área Urbanizada-H1.	El Proyecto incide en superficies clasificadas dentro de la zonificación primaria como **Área Urbanizada** y, conforme a la zonificación secundaria, como **Habitacional H1**. No obstante, la incidencia se presenta en un contexto urbano en el que existe previamente infraestructura ferroviaria, toda vez que la mayor parte del trazo se desarrolla sobre o de manera paralela inmediata al corredor ferroviario existente. En este sentido, el Proyecto no tiene por objeto modificar el uso habitacional asignado a los predios colindantes ni promover un cambio de

CONSULTA PÚBLICA



USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	uso del suelo, sino adecuar y complementar la infraestructura ferroviaria existente. Debido a la proximidad de áreas habitacionales, durante la construcción se reforzarán las medidas de seguridad y señalización, así como las acciones para el control de polvo, ruido, vibraciones, tránsito de maquinaria y manejo de residuos, y se procurará mantener los accesos y la movilidad local. En los sectores donde el nuevo alineamiento se separe del corredor existente se observarán las disposiciones y restricciones que resulten aplicables a la zonificación correspondiente.
Área no urbanizable-Agrícola.	El Proyecto también incide en superficies clasificadas como Área No Urbanizable, con zonificación secundaria **Agrícola (Ag)**. El PMDUOET define las áreas no urbanizables como aquellas que, por su naturaleza, función o destino, no son susceptibles de abrirse al desarrollo urbano o se encuentran sujetas a restricciones en su aprovechamiento. Al respecto, debe considerarse que el Proyecto corresponde a infraestructura ferroviaria y no a un proceso de urbanización, y que en gran parte de estas superficies el nuevo trazo se desarrolla asociado al corredor ferroviario existente. Por lo tanto, el Proyecto no tiene como finalidad modificar la vocación agrícola de los terrenos colindantes ni inducir su incorporación al desarrollo urbano. En aquellos sectores puntuales donde el nuevo alineamiento se separe del corredor ferroviario existente y resulte necesaria la ocupación de superficies agrícolas, ésta se limitará a la franja estrictamente necesaria para la infraestructura. Las actividades constructivas deberán mantenerse dentro de las superficies autorizadas, evitando ocupaciones adicionales sobre terrenos agrícolas y procurando mantener la funcionalidad de caminos, accesos y obras de infraestructura utilizadas por las actividades productivas de la zona. En las superficies donde pudieran presentarse afectaciones temporales al suelo se aplicarán las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación necesarias y suficientes, diseñadas y propuestas en el Capítulo IV de este documento.
Área Urbanizable – Industrial (I).	El Proyecto resulta congruente con el carácter predominantemente productivo y de infraestructura de estas zonas. El propio PMDUOET contempla la infraestructura lineal entre las actividades compatibles en UGAT de carácter industrial. La infraestructura ferroviaria podrá coexistir con las actividades industriales existentes, manteniendo el DDV ferroviario y las zonas de salvaguarda de otras infraestructuras con las que se presenten cruces o colindancias. El Proyecto no contradice la vocación industrial del sector y que respetará las zonas de salvaguarda, accesos e infraestructura existentes.
Habitacional de densidad alta (H3).	En este uso de suelo, la mayor parte del trazo se desarrolla asociada al corredor ferroviario existente, por lo que, no tiene por objeto modificar el uso habitacional asignado a los predios colindantes ni introducir una nueva función territorial distinta a la infraestructura ferroviaria previamente presente. Debido a la cercanía de receptores sensibles, durante la preparación del sitio y construcción se reforzarán las medidas de seguridad, señalización y control de emisiones de polvo, ruido, vibraciones y tránsito de maquinaria, procurando mantener los accesos y la movilidad local (Capítulo IV).
Cuerpos de agua (CA).	El Proyecto presenta incidencia sobre superficies identificadas como Cuerpos de agua (CA). No obstante, en el punto de cruce señalado el corredor ferroviario existente atraviesa actualmente por un cuerpo de agua superficial, por lo que la ejecución del Proyecto se desarrolla en un sitio previamente intervenido por la infraestructura ferroviaria. En consecuencia, las obras se diseñarán y ejecutarán procurando mantener la continuidad hidráulica y las condiciones de flujo existentes, evitando la disposición de materiales, residuos o sustancias contaminantes en el cauce, así como afectaciones innecesarias a sus márgenes y vegetación asociada. Estas acciones se complementarán con lo previsto en la **Medida C05** *Acciones de Protección y Conservación de Suelos* y **M07** *Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y*

CONSULTA PÚBLICA

USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	longitudinal, y en su caso, con las autorizaciones que correspondan ante la autoridad competente.
Forestal (F).	El trazo también incide sobre superficies identificadas como Forestal (F). Conforme a la revisión espacial realizada, dicha incidencia se presenta en un sector donde ya existe infraestructura ferroviaria, por lo que el Proyecto se desarrolla sobre un corredor previamente transformado y no implica, por sí mismo, la apertura de un corredor completamente nuevo. No obstante, cualquier afectación a la vegetación derivada de la construcción se limitará estrictamente a las superficies autorizadas mediante la **Medida P01** (*Delimitación topográfica de las áreas de trabajo*) y se atenderá a través de la **M08** (*Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre*), respaldadas por la **P02** (*Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte*), la **C05** (*Acciones de Protección y Conservación de Suelos*) y los programas compensatorios correspondientes como la **Medida C02** (*Programa de Compensación agrícolas, rurales y forestales*) y la **C04** (*Cortina vegetal sobre el derecho de vía*). De ser aplicable por las características de la vegetación afectada, se obtendrán previamente las autorizaciones correspondientes en materia forestal.

Del análisis realizado se concluye que el Proyecto guarda congruencia territorial con el PMDUOET de Irapuato, ya que la mayor parte de su trazo se desarrolla sobre o en paralelo inmediato a un corredor ferroviario preexistente, preservando la función de infraestructura lineal característica de esta franja.

La sobreposición cartográfica con diversos usos del suelo (habitacional, comercial, mixto, industrial, vial, de infraestructura pública, agrícola, forestal y cuerpos de agua) debe interpretarse a la luz de la preexistencia ferroviaria y de las disposiciones del Programa sobre el DDV, zonas de salvaguarda, actividades compatibles y restricciones específicas. Cabe destacar que el propio PMDUOET reconoce a la **infraestructura lineal** como una actividad compatible en las UGAT que atraviesa el Proyecto.

En aquellos tramos donde el nuevo alineamiento se aparta del corredor ferroviario actual, se acatarán puntualmente las disposiciones de la zonificación primaria y secundaria, limitando la ocupación territorial a las superficies indispensables y aplicando las medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental procedentes.

Particularmente, se acatarán las restricciones aplicables a las vías férreas, destacando la modalidad **MRDV4** prevista en las UGAT del corredor urbano, la cual establece una franja de 15 metros a partir del eje de simetría (30 metros en total). Esta afectación queda contenida dentro del DDV general de 40 metros, lo que garantiza el cumplimiento de los estándares de seguridad sin rebasar las áreas operativas estrictamente necesarias. Al tratarse de una obra de carácter federal, esta ocupación se ejecutará conforme a la normatividad aplicable, armonizando la viabilidad técnica ferroviaria con los instrumentos ambientales y de desarrollo urbano de los ámbitos estatal y municipal.

CONSULTA PÚBLICA

II.4.2 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de León*

Fecha de última publicación: 07 de septiembre de 2020, bajo el número 179, cuarta parte del Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato.
Fuente de consulta: https://implan.gob.mx/sistema_planeacion.html /
versión abreviada: https://plataformaleon.gob.mx/descarga/programasordenamiento/03-PMDUOET-2020.pdf

Como parte del componente de desarrollo urbano del Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico y Territorial de León, Guanajuato (PMDUOET), se establece la zonificación de usos y destinos del suelo como instrumento para orientar y regular la ocupación y aprovechamiento del territorio municipal.

El Programa reconoce diversos grupos de usos del suelo, entre los que se encuentran los usos habitacionales, comerciales, industriales, de servicios y agrícolas, así como diferentes destinos asociados al equipamiento urbano, infraestructura pública, conservación ecológica, parques y estructura vial.

Del análisis espacial realizado entre el trazo del Proyecto y el Plano de Zonificación de Usos y Destinos del Municipio de León, se determinó que la mayor parte del Proyecto se desarrolla sobre el corredor ferroviario existente y su DDV (sobre los usos de suelo **Agrícola (A), Industrial de intensidad alta (I3), Industrial de intensidad media (I2), Servicios de intensidad alta (S3), Equipamiento (EQ), Habitacional de densidad alta (H7), Comunidad rural (CR), Habitacional campestre residencial (H1), Zona de consolidación urbana (ZCU), Habitacional de densidad alta (H7), Zona habitacional de densidad media y usos mixtos de comercio, servicio e industria dentro de las zonas de protección de monumentos (H6E-C) y servicios de intensidad media e industria ligera y mediana Habitacional de densidad alta, usos mixtos de comercio (H8)), elemento que se encuentra reconocido expresamente dentro de la cartografía del propio instrumento de planeación**, elementos que se encuentra reconocidos expresamente dentro de la cartografía del propio instrumento de planeación.

CONSULTA PÚBLICA

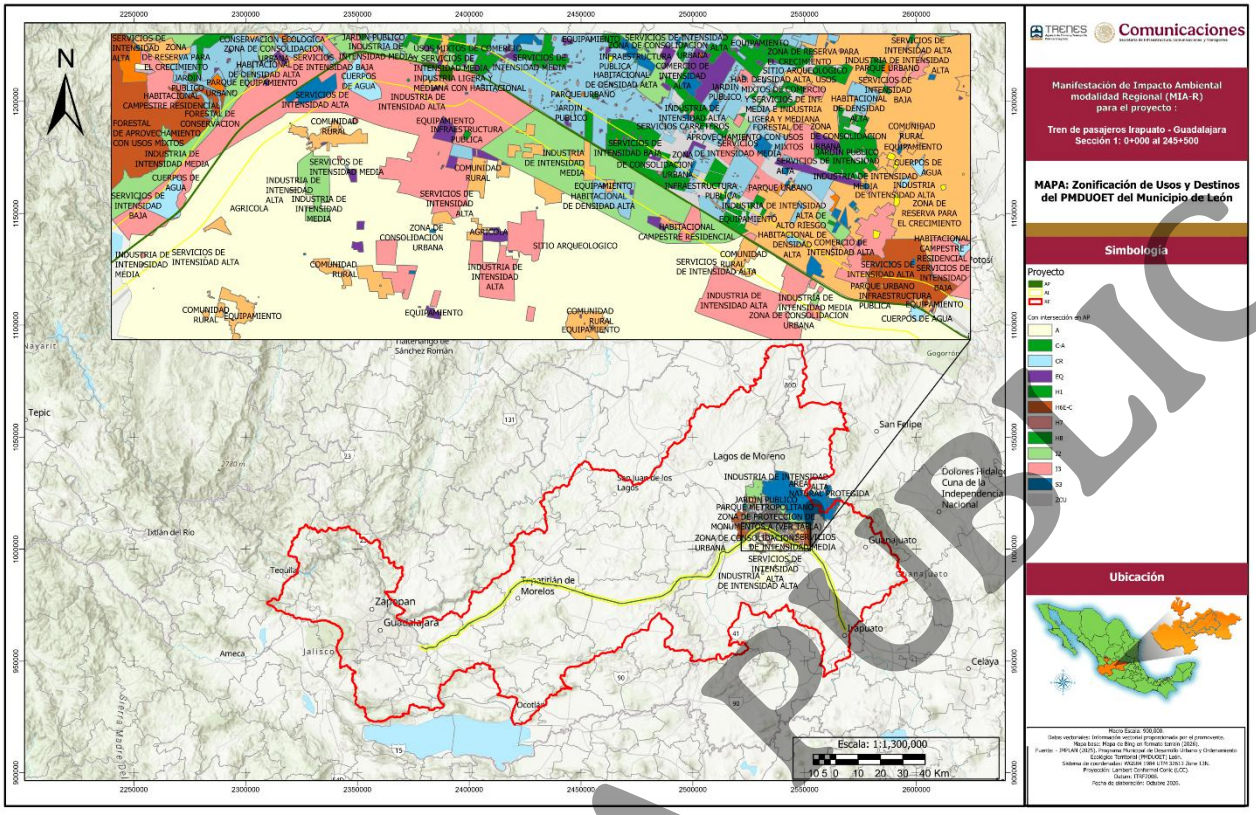


Figura II.14. **Ubicación del Proyecto en la Zonificación Usos y destinos del PMDOUET del municipio de León. Elaboración propia.**

En consecuencia, para la mayor parte del trazo no se prevé la ocupación de nuevas superficies ajenas al corredor ferroviario (DDV histórico) existente, por lo que la incidencia sobre las distintas categorías de uso y destino del suelo responde principalmente a la coexistencia territorial de la infraestructura ferroviaria con los usos colindantes.

No obstante, se identificó un tramo aproximado de 6 km que se desarrollará fuera del corredor ferroviario existente, el cual incide sobre superficies clasificadas como **Industrial de intensidad alta (I3)**, **Agrícola (A)** y **Cuerpos de agua (C-A)**.

De la revisión del Programa, se identificó que éste establece la zonificación de usos y destinos del suelo y define, a través de las fichas de las UGAT, los lineamientos, criterios de ordenamiento y actividades compatibles aplicables a cada unidad territorial. Sin embargo, este Programa municipal no incorpora una tabla o matriz específica de compatibilidad de usos del suelo en la que se determine de manera directa la relación entre cada categoría de uso y las distintas actividades o tipos de infraestructura.

En este sentido, la identificación de las categorías de uso del suelo atravesadas por el Proyecto se realizó con base en el Plano de Zonificación de Usos y Destinos del Municipio de León, mientras que el análisis de congruencia territorial se complementa con los lineamientos y criterios establecidos para las UGAT correspondientes analizados en el apartado II.3.4., de este Capítulo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II.150. **Vinculación del Proyecto con Usos y Destinos del Municipio de León. Elaboración propia.**

USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A – Agrícola.	El trazo ferroviario atraviesa sectores clasificados con uso agrícola. La mayor parte del trazo del Proyecto se realizará dentro del corredor ferroviario y su DDV, por lo que no tiene por objeto promover la transformación de las superficies agrícolas colindantes ni inducir cambios en su aprovechamiento. Con respecto al tramo nuevo implicará la ocupación puntual de superficies agrícolas, por lo que deberán minimizarse las afectaciones fuera de la franja estrictamente necesaria. Las actividades constructivas deberán mantenerse dentro de las superficies autorizadas, evitando ocupaciones adicionales sobre terrenos agrícolas y procurando mantener la funcionalidad de caminos, accesos y obras de infraestructura utilizadas por las actividades productivas de la zona. En las superficies donde pudieran presentarse afectaciones temporales al suelo se aplicarán las medidas previstas en la **Medida C05** (*Acciones de Protección y Conservación de Suelos*), contenida en el Capítulo IV.
I3 – Industrial de intensidad alta.	El Proyecto es congruente con el carácter predominantemente productivo y de infraestructura de estas zonas. El propio PMDUOET contempla la **infraestructura lineal** entre las actividades compatibles en las UGAT de carácter industrial. La infraestructura ferroviaria podrá coexistir con las actividades industriales existentes, manteniendo el DDV y las zonas de salvaguarda de otras infraestructuras con las que se presenten cruces o colindancias. El nuevo tramo no contradice la vocación industrial del sector y que respetará las zonas de salvaguarda, accesos e infraestructura existentes.
I2 – Industrial de intensidad media.	Al igual que en las zonas I3, la infraestructura ferroviaria mantiene una relación funcional con las áreas destinadas a actividades industriales y productivas. El Proyecto no modifica la asignación industrial de los predios colindantes y las obras se circunscribirán al corredor ferroviario, respetando accesos, vialidades, infraestructura y DDV existentes.
S3 – Servicios de intensidad alta.	La presencia del Proyecto en áreas clasificadas para servicios de intensidad alta no implica la modificación de dicho uso. La infraestructura ferroviaria coexistirá con las actividades de servicios existentes, para lo cual durante las obras se mantendrán condiciones de accesibilidad y seguridad y se implementará la señalización, control de accesos y medidas para reducir las interferencias temporales con la movilidad local.
EQ – Equipamiento urbano.	El plano reconoce al equipamiento urbano como uno de los destinos del suelo. En los sectores donde el corredor ferroviario coincide o colinde con este destino, el Proyecto preservará la funcionalidad y accesibilidad del equipamiento existente, evitando afectaciones fuera del DDV y estableciendo las medidas de seguridad y coordinación necesarias durante la etapa constructiva.
H7 – Habitacional de densidad alta.	En las zonas habitacionales, la infraestructura coexiste con áreas de alta concentración de población. El Proyecto no pretende modificar el uso habitacional asignado por el Programa; por el contrario, las obras se mantendrán dentro del corredor ferroviario. Por la sensibilidad de estos receptores, se reforzarán las medidas de seguridad, señalización, control de polvo, emisiones, ruido y vibraciones, manejo de residuos y mantenimiento de accesos durante la construcción.

CONSULTA PÚBLICA



USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
CR – Comunidad rural.	El cruce por comunidades rurales no supone la modificación de su carácter ni de las actividades que en ellas se desarrollan. Durante la ejecución se mantendrán, los accesos y la conectividad local, así mismo se establecerá la señalización y medidas de seguridad en los puntos de interacción entre las obras ferroviarias y caminos o accesos comunitarios. En este contexto, la infraestructura ferroviaria se integra territorialmente sin generar ocupaciones adicionales innecesarias fuera del DDV.
H1 – Habitacional campestre residencial.	El Proyecto no promueve la modificación del uso habitacional campestre residencial de las áreas atravesadas o colindantes. Al tratarse de infraestructura lineal desarrollada en el corredor ferroviario, la compatibilidad se sustenta en el respeto de los límites del DDV y en la prevención de afectaciones a los predios residenciales, particularmente mediante medidas de control de ruido, polvo, tránsito de maquinaria, residuos y seguridad durante las obras (capítulo IV).
C-A – Cuerpos de agua.	El Proyecto conservará la continuidad hidráulica y evitará la disposición de materiales, residuos o sustancias contaminantes en cauces y cuerpos de agua. Las obras de cruce se realizarán conforme a las autorizaciones y especificaciones de la autoridad competente y a la **Medida M07** (*Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal*) y el seguimiento preventivo mediante la **Medida P11** (*Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes*), evitando modificar innecesariamente las condiciones hidráulicas y ambientales existentes.
ZCU – Zona de consolidación urbana.	En este uso de suelo, la infraestructura ferroviaria se desarrolla mayoritariamente sobre un corredor ferroviario preexistente y dentro o asociado a su DDV, por lo que no tiene por objeto inducir un nuevo proceso de urbanización ni modificar la función urbana asignada a los predios colindantes. La ejecución del Proyecto mantendrá la funcionalidad de la estructura urbana existente, particularmente vialidades, accesos, equipamientos y servicios, y considerará las condiciones de seguridad asociadas al corredor ferroviario. En los sectores puntuales donde el nuevo alineamiento se separe del corredor existente se respetarán las disposiciones urbanísticas y territoriales aplicables.
H7 – Habitacional de densidad alta.	La incidencia sobre zonas Habitacionales de densidad alta (H7) se presenta principalmente en sectores donde ya existe infraestructura ferroviaria, por lo que el Proyecto no supone la introducción generalizada de una nueva función territorial dentro de los predios habitacionales ni modifica el uso asignado a éstos. Debido a la presencia de una mayor concentración de población y receptores sensibles, durante la construcción se realizarán las medidas para el control de ruido, vibraciones, polvo, emisiones y tránsito de maquinaria, así como las acciones de señalización, seguridad y mantenimiento de accesos (Capítulo IV).
H6E-C – Zona habitacional de densidad media y usos mixtos de comercio, servicio e industria dentro de las zonas de protección de monumentos.	En este uso y destino de suelo en los que el Proyecto incide se preservarán los accesos y la funcionalidad de los usos urbanos existentes y se implementarán las medidas de seguridad, control de ruido, vibraciones, polvo y tránsito de maquinaria. Debido a que la mayor parte de la incidencia ocurre asociada al corredor ferroviario existente, no se prevé una modificación general de los usos y destinos asignados por el Programa.
H8 – Habitacional de densidad alta, usos mixtos de comercio y servicios de intensidad media e industria ligera y mediana.	La infraestructura ferroviaria coexistirá con la diversidad de actividades urbanas existentes, manteniendo, los accesos, la movilidad y la funcionalidad de establecimientos, viviendas y servicios colindantes. Al desarrollarse mayoritariamente sobre un corredor ferroviario existente, el Proyecto no tiene como finalidad sustituir o modificar los usos urbanos establecidos por el Programa, sino mantener y adecuar una función de infraestructura lineal previamente presente en el territorio.

CONSULTA PÚBLICA





Es importante enfatizar que el propio Plano de Zonificación de Usos y Destinos del Municipio de León reconoce la infraestructura ferroviaria en la mayor parte del trazo como uno de los elementos territoriales existentes, por lo que la presencia del Proyecto forma parte de la estructura territorial considerada por el instrumento de planeación. En este sentido, la incidencia espacial del trazo sobre diferentes categorías de uso y destino del suelo no implica necesariamente una incompatibilidad con éstas, toda vez que se trata de una infraestructura lineal que atraviesa y articula distintas zonas del territorio municipal con el resto del estado (y del país).

Por lo anterior, **la ejecución del Proyecto mantendrá la funcionalidad de los usos y destinos colindantes**, respetará los DDV y zonas de salvaguarda de otras infraestructuras, limitará las obras a las superficies autorizadas y aplicará las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación correspondientes en función de las características particulares de cada zona atravesada.

II.4.3 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Silao de la Victoria*

El PMDUyOET de Silao de la Victoria establece, a partir de la estrategia de desarrollo urbano descrita en el propio instrumento, la zonificación primaria y la zonificación secundaria como los dos niveles mediante los cuales se regulan los usos y destinos del suelo en el municipio.

La zonificación primaria, con fundamento en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano y en el Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato (CTEMG), determina las áreas que integran y delimitan los centros de población, clasificando el territorio municipal en Área Urbanizada, Área Urbanizable (incluidas las reservas de crecimiento) y Área No Urbanizable y Área Natural Protegida.

La zonificación secundaria, por su parte, determina con mayor detalle los usos y destinos del suelo aplicables a cada una de las zonas anteriores, así como su compatibilidad, condicionamiento o incompatibilidad. Para el municipio de Silao de la Victoria, dicha zonificación comprende los usos habitacional (en sus modalidades campestre -HC-, rural -HR-, rururbana -HRU-, urbana -HU- y suburbana -HSU-), comercial y de servicios, industrial (en corredor económico -ICE- o en parque industrial o corredor económico regional -IPI-), los destinos del suelo (equipamiento -EQ-, área verde, infraestructura pública), así como los usos aplicables a las áreas no urbanizables, entre ellos la Zona Agropecuaria (ZA) y la Zona de Reserva Agrícola (ZRA). Las zonas de crecimiento y reserva de cada uso se identifican anteponiendo la clave «R-» a la clave del uso correspondiente (por ejemplo, R-HU, R-CS, R-ICE o R-IPI).

De acuerdo con la sobreposición espacial del trazo del Proyecto con la cartografía del PMDUOET de Silao de la Victoria, éste incide, dentro de la zonificación primaria, sobre las tres categorías que la integran: **Área Urbanizada**, **Área Urbanizable** y **Área No Urbanizable;** mientras que, conforme a la zonificación secundaria, se presentan las claves **Zona Agropecuaria** (ZA), **Habitacional en zona campestre** (HC), **Habitacional en zona rural** (HR),

CONSULTA PÚBLICA



Habitacional en zona suburbana (HSU), Equipamiento, Industrial en parque industrial o corredor económico regional (IPI), Reserva para corredor industrial económico (R-ICE), Reserva para zona o parque industrial (R-IPI), Habitacional en zona urbana (HU), Reserva para habitacional urbano (R-HU), Reserva para comercio y servicios (R-CS) y Zona de Reserva Agrícola (ZAR/ZRA).

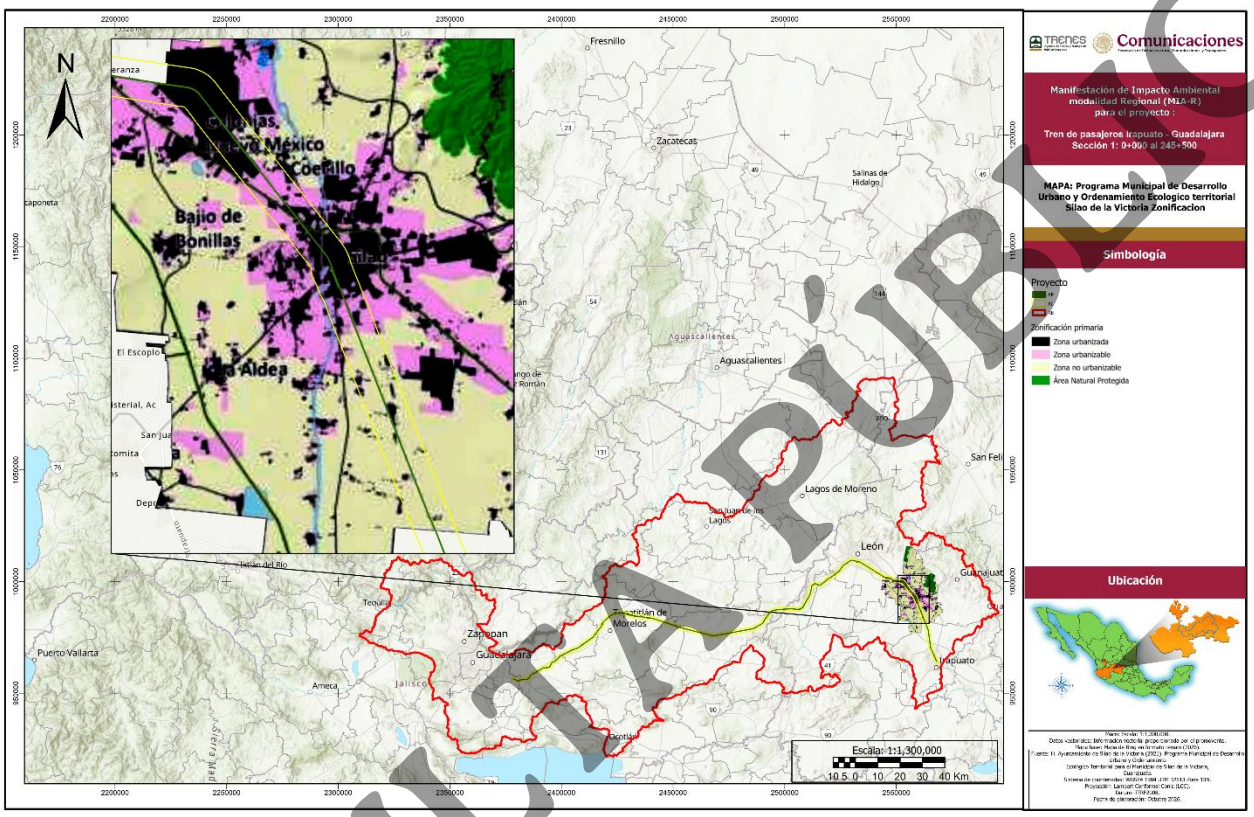


Figura II.15. **Ubicación del Proyecto de acuerdo con la Zonificación primaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria.**

CONSULTA PÚBLICA

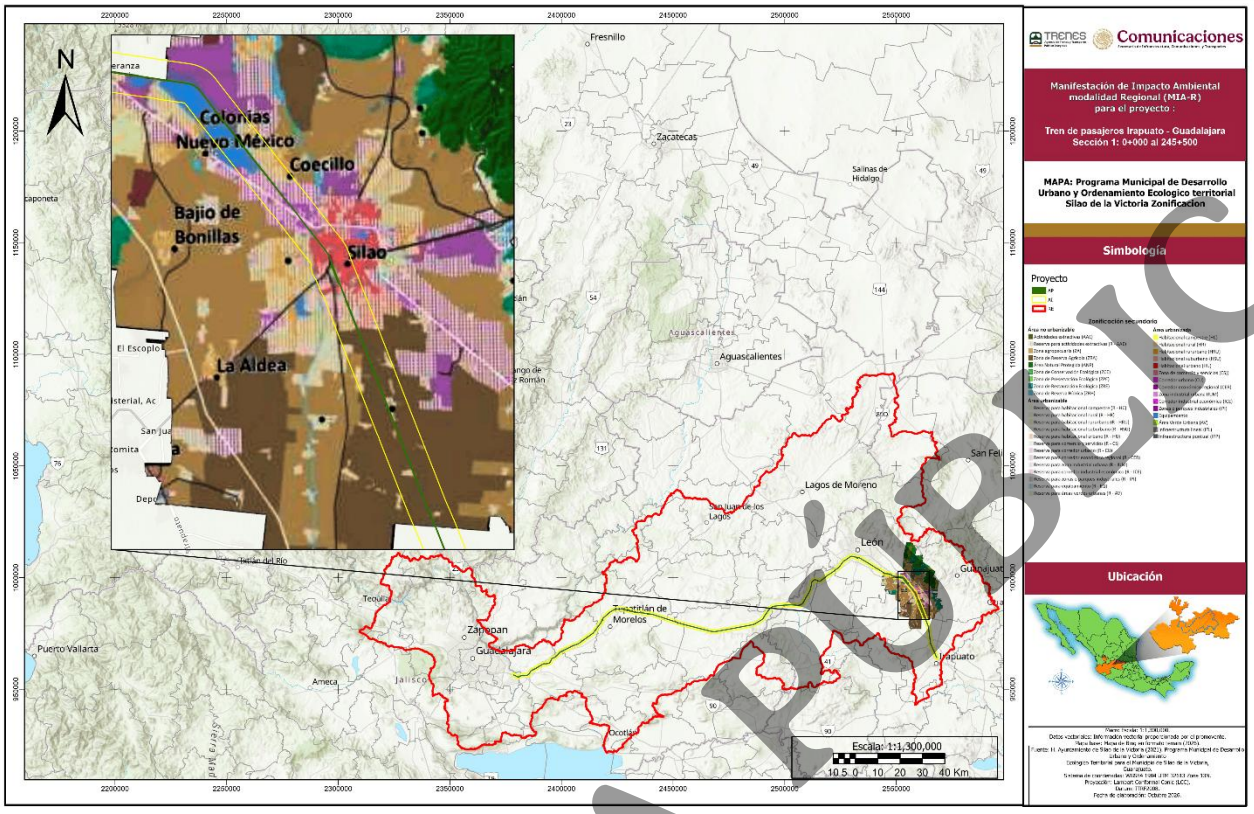


Figura II.16. **Ubicación del Proyecto de acuerdo con la Zonificación secundaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria.**

La vinculación territorial del Proyecto con cada una de estas claves de zonificación primaria y secundaria se desarrolla en la siguiente tabla.

Tabla II.151. **Vinculación del Proyecto con la Zonificación primaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria. Elaboración propia**

ZONIFICACIÓN / CLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZONIFICACIÓN PRIMARIA	
Área Urbanizada.	El Proyecto incide sobre superficies clasificadas por la zonificación primaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria como Área Urbanizada, superficie que concentra las zonas de asentamientos urbanos, suburbanos, rurales, rururbanos y campestres consolidados del municipio (7,297.56 ha, el 13.01 % del territorio municipal). La incidencia del Proyecto se concentra principalmente en los tramos donde el trazo discurre sobre o de manera paralela inmediata al corredor ferroviario existente que atraviesa la conurbación Silao – Franco, por lo que no implica la introducción de una función territorial ajena a las condiciones actuales del sitio, sino la adecuación de una franja que históricamente ya aloja infraestructura de transporte ferroviario. En los sectores en los que el nuevo alineamiento se separa del corredor existente y transita por áreas urbanizadas, se reforzarán las medidas de señalización, seguridad vial y control de ruido,

CONSULTA PÚBLICA



ZONIFICACIÓN / CLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	vibraciones y polvo durante la construcción, procurando mantener la funcionalidad de accesos, vialidades y servicios de la población colindante.
Área Urbanizable.	La zonificación primaria del municipio identifica como Área Urbanizable las zonas destinadas al crecimiento futuro de los asentamientos humanos, las áreas industriales y los usos de servicios y equipamientos (8,966.11 ha, el 15.98 % del municipio), ya sea como reservas programadas o como reservas para futuro crecimiento. El Proyecto incide sobre fracciones de estas reservas de crecimiento, sin que ello represente una afectación a usos consolidados, dado que se trata de suelo aún no urbanizado y, en la mayor parte de los casos, colindante con el derecho de vía ferroviario existente. La construcción de la infraestructura ferroviaria en estas superficies es compatible con la vocación de crecimiento ordenado prevista por el instrumento, siempre que se respeten las densidades e intensidades programadas para las colindancias y se apliquen las medidas de delimitación topográfica de las áreas de trabajo, con el fin de no inducir una ocupación mayor a la estrictamente necesaria para el Proyecto.
Área No Urbanizable.	Dentro de la zonificación primaria, el municipio clasifica como Área No Urbanizable el 71.01 % de su territorio (39,836.92 ha), superficie que, por su naturaleza, función o destino, no es susceptible de abrirse al desarrollo urbano o está sujeta a restricciones en su aprovechamiento (áreas naturales protegidas, zonas de preservación y restauración ecológica, zonas agropecuarias, agrícolas, de actividades extractivas y cuerpos de agua). El Proyecto, al tratarse de infraestructura lineal y no de un proceso de urbanización, resulta compatible con esta clasificación en los tramos en los que su trazo coincide con el corredor ferroviario preexistente. En los sectores donde el nuevo alineamiento se separa del corredor actual y es necesario ocupar superficies no urbanizables, dicha ocupación se limitará a la franja estrictamente indispensable, aplicando las medidas de protección y conservación de suelos, de rescate y reubicación de flora silvestre y de compensación, según corresponda a la cobertura afectada.

Tabla II.152. **Vinculación del Proyecto con la Zonificación secundaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria. Elaboración propia**

ZONIFICACIÓN / CLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZONIFICACIÓN SECUNDARIA	
ZA – Zona Agropecuaria.	La zonificación secundaria identifica como Zona Agropecuaria (ZA) los terrenos pecuarios ubicados fuera de las áreas de reserva para el crecimiento o de consolidación urbana. El Proyecto incide sobre fracciones de esta clave en los tramos donde el nuevo trazo se aparta del corredor ferroviario existente y atraviesa terrenos de uso pecuario. Esta incidencia no tiene por objeto modificar la vocación agropecuaria de los predios colindantes, limitándose la ocupación a la superficie estrictamente necesaria para la infraestructura. Las actividades constructivas se mantendrán dentro de las superficies autorizadas, procurando preservar la funcionalidad de caminos, cercados y accesos empleados en las actividades productivas de la zona.
HC – Habitacional en zona campestre.	La clave HC corresponde a los asentamientos residenciales de baja densidad destinados principalmente a vivienda de segunda residencia, generalmente monofuncionales y alejados de los centros urbanos. La incidencia del Proyecto

CONSULTA PÚBLICA





ZONIFICACIÓN / CLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZONIFICACIÓN SECUNDARIA	
	sobre este uso de suelo es puntual y se relaciona con tramos en los que el trazo colinda con desarrollos campestres de baja densidad. Dado el carácter predominantemente residencial y de baja intensidad de esta zonificación, durante la etapa de construcción se reforzarán las medidas de control de ruido, vibraciones y polvo, así como la restricción horaria de maquinaria pesada en las proximidades de estos asentamientos, sin que el Proyecto tenga por objeto modificar la densidad o el uso habitacional asignado a los predios colindantes.
HR – Habitacional en zona rural.	La clave HR corresponde a los centros de población rurales, de menor tamaño, cuya economía se orienta principalmente a actividades del sector primario. El Proyecto incide sobre uso de suelo en los tramos donde el trazo atraviesa localidades rurales del sistema urbano-rural municipal identificadas en la regionalización urbano-rural del PMDUyOET. En estos sectores se dará prioridad a mantener la conectividad y los accesos de la población, así como a la aplicación de medidas de señalización, seguridad y control de emisiones durante la construcción, reconociendo que buena parte de estas localidades se encuentran actualmente vinculadas al corredor ferroviario existente.
HSU – Habitacional en zona suburbana.	La clave HSU corresponde a zonas residenciales ubicadas en las cercanías de la zona urbana más densa que, por lo general, carecen de servicios propios y dependen de la zona urbana central. El Proyecto incide sobre uso de suelo en los tramos periféricos a la conurbación Silao – Franco. En estos sectores, la mayor parte del trazo se desarrolla sobre o de manera paralela al corredor ferroviario existente, por lo que no se introduce una nueva función territorial ajena a las condiciones actuales del entorno; en las secciones donde el alineamiento se separa del corredor, se reforzarán las medidas de seguridad, señalización y control de polvo, ruido y vibraciones, procurando mantener los accesos y la movilidad local.
Equipamiento (EQ).	El destino Equipamiento (EQ) comprende el conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario afectos a un servicio público o a obras complementarias de beneficio colectivo (educación, salud, cultura, esparcimiento, entre otros). La incidencia del Proyecto sobre este destino es puntual y se asocia principalmente a predios de equipamiento colindantes con el derecho de vía ferroviario. En estos casos se procurará mantener la funcionalidad, accesos y condiciones de seguridad de los equipamientos existentes, coordinando con las autoridades municipales correspondientes la ejecución de obras de cruce o adecuación vial que, en su caso, se requieran durante la etapa de construcción.
IPI – Industrial en parque industrial o corredor económico regional.	La clave IPI corresponde a las zonas de uso industrial organizadas en parques industriales o corredores económicos regionales, de mayor intensidad de aprovechamiento. El Proyecto resulta congruente con el carácter productivo y de infraestructura de estas zonas, dado que el propio instrumento reconoce la compatibilidad de la infraestructura lineal con las actividades industriales. La infraestructura ferroviaria podrá coexistir con las actividades desarrolladas en los parques y corredores industriales existentes, manteniendo el derecho de vía ferroviario y las zonas de salvaguarda correspondientes a otras infraestructuras con las que se presenten cruces o colindancias, sin contravenir la vocación industrial del sector.

CONSULTA PÚBLICA





ZONIFICACIÓN / CLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZONIFICACIÓN SECUNDARIA	
R-ICE – Reserva para corredor industrial económico.	La clave R-ICE corresponde a una zona de reserva de crecimiento para usos industriales en corredor económico, es decir, suelo aún no consolidado, pero ya previsto por el PMDUyOET para este tipo de aprovechamiento. El Proyecto incide sobre fracciones de esta reserva sin que ello represente una afectación a usos industriales consolidados. La coexistencia de la infraestructura ferroviaria con el futuro desarrollo de este corredor económico es, en principio, compatible, en la medida en que la vocación de reserva prevista por el instrumento es precisamente la de alojar infraestructura y actividades productivas.
R-IPI – Reserva para zona o parque industrial.	La clave R-IPI corresponde a la reserva de crecimiento para usos industriales en parque industrial o corredor económico regional. De forma análoga a la clave IPI, el Proyecto resulta compatible con esta reserva, dado que se trata de suelo previsto para un aprovechamiento de carácter productivo e infraestructural. La incidencia del Proyecto sobre esta clave se limitará a la superficie estrictamente necesaria para la infraestructura ferroviaria.
HU – Habitacional en zona urbana.	La clave HU corresponde a los asentamientos urbanos de mayor tamaño, que concentran usos habitacionales, comerciales y de servicios diversificados. El Proyecto incide sobre esta clave principalmente en el tramo que atraviesa la conurbación Silao – Franco, donde la mayor parte del trazo se desarrolla sobre o de manera paralela inmediata al corredor ferroviario existente. En este sentido, el Proyecto no tiene por objeto modificar el uso habitacional asignado a los predios colindantes, sino adecuar y complementar la infraestructura ferroviaria previamente presente en esta franja urbana. Debido a la proximidad de receptores sensibles propia de este contexto, durante la construcción se reforzarán las medidas de seguridad, señalización y control de polvo, ruido, vibraciones y tránsito de maquinaria, procurando mantener los accesos y la movilidad local.
R-HU – Reserva para habitacional urbano.	La clave R-HU corresponde a la reserva de crecimiento para uso habitacional urbano, es decir, suelo aún no urbanizado pero programado por el PMDUyOET para este fin. El Proyecto incide sobre fracciones de esta reserva sin representar una afectación a vivienda consolidada. La construcción del Proyecto no tiene por objeto desarrollar usos habitacionales, comerciales o industriales dentro de dichas reservas, sino establecer una infraestructura lineal de transporte. No obstante, debido a que se trata de una obra nueva, su establecimiento constituirá un elemento permanente dentro de la estructura territorial que deberá ser considerado en el desarrollo futuro de las superficies ubicadas a ambos lados del corredor ferroviario. En este sentido, el Proyecto delimitará y respetará el DDV y las zonas de seguridad correspondientes, la cual se ha realizado procurando que su configuración y obras de cruce mantenga la conectividad territorial y vial y evitar, en la medida técnicamente posible, que la nueva infraestructura genere barreras innecesarias para la integración y funcionamiento de las áreas destinadas al crecimiento urbano.
R-CS – Reserva para comercio y servicios.	La clave R-CS corresponde a la reserva de crecimiento para usos comerciales y de servicios. El Proyecto incide sobre fracciones de esta reserva, sin que ello implique una afectación a establecimientos comerciales o de servicios consolidados, ya que de acuerdo con la sobreposición con esta zonificación se

CONSULTA PÚBLICA





ZONIFICACIÓN / CLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZONIFICACIÓN SECUNDARIA	
	presenta en un contexto urbano atravesado actualmente por infraestructura ferroviaria, sin embargo, durante la construcción se implementarán medidas para mantener, en la medida técnicamente posible, los accesos, movilidad y funcionalidad de los establecimientos y servicios existentes.
ZAR – Zona de Reserva Agrícola (ZRA).	La zonificación secundaria identifica como Zona de Reserva Agrícola (ZRA) los terrenos agrícolas ubicados fuera de las zonas de reserva para el crecimiento o de consolidación urbana del municipio. El Proyecto incide sobre fracciones de esta clave en los sectores donde el trazo atraviesa terrenos de vocación agrícola. Al tratarse de infraestructura ferroviaria y no de un proceso de urbanización, el Proyecto no tiene como finalidad modificar la vocación agrícola de los predios colindantes ni inducir su incorporación al desarrollo urbano; la ocupación se limitará a la franja estrictamente necesaria para la infraestructura, manteniendo, en la medida de lo posible, la funcionalidad de caminos y accesos utilizados por las actividades productivas de la zona.

Del análisis realizado se concluye que el Proyecto guarda congruencia territorial con la zonificación primaria y secundaria del PMDUyOET de Silao de la Victoria, en la medida en que, en los tramos donde el trazo coincide con el corredor ferroviario existente, se preserva la función de infraestructura lineal característica de dicha franja; y en los sectores donde el nuevo alineamiento se separa del corredor actual, la ocupación de los distintos usos de zonificación se limita a la superficie estrictamente necesaria para el Proyecto, aplicando las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación correspondientes.´

CONSULTA PÚBLICA



II.4.4 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET) de San Francisco del Rincón*

Fecha de última publicación: 30 de septiembre de 2021.
Fuente de consulta: https://implansfr.gob.mx/system/uploads/PO_118_3ra_Parte_20210615.pdf

De manera complementaria a la vinculación realizada con el Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio y las UGAT municipales, se analizó la congruencia del Proyecto con la zonificación establecida por el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de San Francisco del Rincón, Guanajuato 2021 (PMDUOET).

A partir de la sobreposición espacial del trazo del proyecto con la cartografía de zonificación del Programa, se identificó que el Proyecto incide sobre superficies clasificadas en la zonificación primaria como **Zona Urbanizable, Zona No Urbanizable y Zona Urbanizada** y en la zonificación secundaria como **Zona de Reserva para Crecimiento** (ZRC), **Zona Agricultura de Riego** (ZAR), **Zona de Consolidación Urbana** (ZCU) y **Habitacional Rural** (HR) respectivamente.

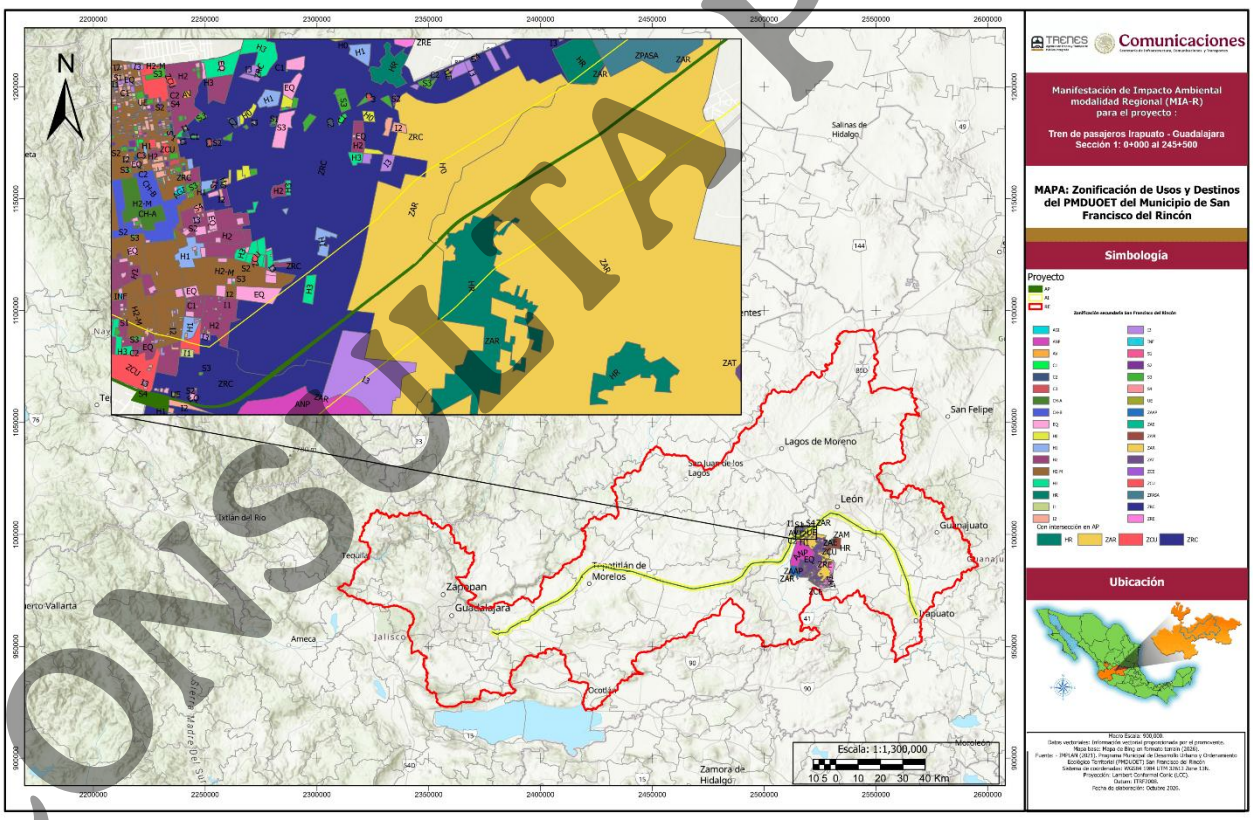


Figura II.17. **Ubicación del Proyecto en la Zonificación primaria y secundaria del PMDUOET del municipio de San Francisco del Rincón. Elaboración propia.**

Se analizó la **Tabla 16. Grupos por usos y destinos de suelo** del PMDUOET de San Francisco del Rincón (anexo II.3) y se identificó que dentro de las categorías consideradas por

CONSULTA PÚBLICA



el instrumento no se establece de manera expresa un uso o destino correspondiente a vías férreas, ferrocarril o infraestructura ferroviaria.

En consecuencia, no resulta procedente determinar la compatibilidad del Proyecto ferroviario mediante la tabla de compatibilidades asociada a dichos grupos de usos y destinos, toda vez que ello implicaría homologar la infraestructura ferroviaria con una categoría no expresamente prevista por el Programa.

Por lo anterior, la vinculación territorial del Proyecto se realiza a partir de la zonificación municipal atravesada por el trazo, así como de las disposiciones correspondientes a las UGAT municipales involucradas, incluyendo sus políticas, lineamientos, estrategias, criterios de regulación ambiental y directrices urbano-territoriales. Particularmente, se consideran los criterios aplicables a infraestructura lineal, los cuales permiten analizar de manera específica la incorporación del nuevo corredor ferroviario al territorio municipal.

A diferencia de otros municipios donde incide el Proyecto en los que el trazo se desarrolla sobre o asociado a un corredor ferroviario existente, dentro del municipio de San Francisco del Rincón no existe actualmente infraestructura ferroviaria sobre el trazo proyectado, por lo que la construcción de la vía **constituye una nueva obra de infraestructura lineal.** En consecuencia, para la vinculación territorial se considera la nueva ocupación de superficies y su interacción con los usos actuales y previstos por el PMDUOET. El análisis se realiza considerando la clasificación territorial establecida por la zonificación municipal.

Tabla II.153. **Vinculación del Proyecto con Usos y Destinos del Municipio de Irapuato. Elaboración propia.**

USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Zona Urbanizable – Zona de Reserva para Crecimiento (ZRC).	El Proyecto atraviesa superficies identificadas por el PMDUOET como Zona Urbanizable, específicamente como Zona de Reserva para Crecimiento, destinadas a atender las necesidades futuras de expansión y desarrollo territorial. La construcción del Proyecto no tiene por objeto desarrollar usos habitacionales, comerciales o industriales dentro de dichas reservas, sino establecer una infraestructura lineal de transporte. No obstante, debido a que se trata de una obra nueva, su establecimiento constituirá un elemento permanente dentro de la estructura territorial que deberá ser considerado en el desarrollo futuro de las superficies ubicadas a ambos lados del corredor ferroviario. En este sentido, el Proyecto delimitará y respetará el DDV y las zonas de seguridad correspondientes, la cual se ha realizado procurando que su configuración y obras de cruce mantenga la conectividad territorial y vial y evitar, en la medida técnicamente posible, que la nueva infraestructura genere barreras innecesarias para la integración y funcionamiento de las áreas destinadas al crecimiento urbano.
Zona No Urbanizable – Zona Agricultura de Riego (ZAR)	Una parte del Proyecto atraviesa superficies clasificadas por el PMDUOET como Zona No Urbanizable, específicamente destinadas a Agricultura de Riego. En estas superficies, el establecimiento del Proyecto implicará la ocupación permanente de una franja actualmente integrada a una matriz predominantemente agrícola. Al respecto, debe considerarse que el Proyecto corresponde a una obra de infraestructura lineal y no a un proceso de urbanización, por lo que su establecimiento no tiene como finalidad incorporar las superficies agrícolas atravesadas al desarrollo urbano ni promover la modificación de la vocación productiva de los terrenos ubicados fuera de la franja requerida por la infraestructura.

CONSULTA PÚBLICA





USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	La construcción de la vía procurará en la medida de lo técnicamente posible reducir la ocupación y fragmentación de las superficies agrícolas a la estrictamente necesaria, así como mantener, cuando las condiciones técnicas lo permitan, la accesibilidad y funcionalidad de los predios agrícolas remanentes y de los caminos utilizados para las actividades productivas. Asimismo, durante la construcción se implementarán medidas para prevenir procesos de compactación, erosión y contaminación del suelo fuera de las áreas autorizadas; controlar adecuadamente los residuos y materiales de construcción; conservar la funcionalidad de los escurrimientos; y restaurar las superficies afectadas temporalmente una vez concluidas las obras. Estas acciones se complementarán con las medidas previstas en los instrumentos ambientales establecidos para el Proyecto, particularmente los relacionados con conservación de suelos, manejo integral de residuos y conservación de cuerpos y corrientes de agua.
Zona Urbanizable- Zona de Consolidación Urbana (ZCU)	Debido a que en el municipio de San Francisco del Rincón el trazo corresponde a una nueva infraestructura ferroviaria, su establecimiento incorporará de manera permanente un corredor de infraestructura lineal dentro de superficies previstas para la consolidación urbana. No obstante, el Proyecto no tiene por objeto promover nuevos desarrollos urbanos ni modificar los usos y destinos asignados a los predios colindantes, sino establecer infraestructura de transporte de carácter lineal. Su diseño y construcción procurarán una adecuada integración con la estructura urbana existente y prevista, manteniendo, en la medida técnicamente posible, la continuidad de vialidades, accesos y servicios, y evitando generar barreras innecesarias para la movilidad y conectividad de las áreas urbanas. Asimismo, se respetará el DDV y las disposiciones de seguridad y ordenamiento territorial aplicables.
Zona Urbanizada- Habitacional Rural (HR)	El Proyecto atraviesa superficies clasificadas como Zona Urbanizada – Habitacional Rural (HR), por lo que la construcción de la nueva vía ferroviaria considerará particularmente su interacción con los asentamientos y la población existente. El Proyecto no pretende modificar el uso habitacional rural de los terrenos colindantes; sin embargo, la incorporación de una nueva infraestructura lineal puede generar efectos sobre la conectividad, accesibilidad y movilidad local. Por ello, durante el diseño y ejecución de las obras se implementarán las medidas necesarias para mantener los accesos a viviendas, predios y caminos locales, así como establecer las obras de cruce, señalización y dispositivos de seguridad que correspondan. Durante la construcción se aplicarán además medidas para el control de polvo, ruido, vibraciones, tránsito de maquinaria y residuos, con especial atención a los receptores habitacionales próximos al corredor ferroviario (Capítulo IV).

La incidencia del Proyecto sobre las zonas **ZRC, ZAR, ZCU y HR** deberá interpretarse conjuntamente con las disposiciones establecidas para las UGAT municipales atravesadas por el trazo. En particular, las fichas correspondientes identifican criterios de regulación ambiental asociados a infraestructura lineal (Ifl), los cuales fueron analizados previamente en el presente documento. En consecuencia, el PMDUOET reconoce y regula la posible presencia de este tipo de infraestructura dentro del modelo territorial, sujetándola al cumplimiento de los criterios y directrices correspondientes.

De acuerdo con el análisis realizado, el Proyecto incide sobre cuatro categorías de zonificación municipal: **Zona Urbanizable – Zona de Reserva para Crecimiento** (ZRC), **Zona No Urbanizable – Zona Agricultura de Riego** (ZAR), **Zona Urbanizable – Zona de Consolidación Urbana** (ZCU) y **Zona Urbanizada – Habitacional Rural** (HR). Debido a que en el municipio de San Francisco del Rincón el Proyecto corresponde a la construcción de

CONSULTA PÚBLICA





infraestructura ferroviaria nueva, su ejecución implicará la incorporación permanente de un corredor de infraestructura lineal al territorio.

En las zonas de reserva para crecimiento, el Proyecto se integrará a la estructura territorial prevista por el PMDUOET, respetando su DDV y procurando mantener condiciones adecuadas de conectividad para el futuro desarrollo urbano. En las zonas agrícolas de riego, la ocupación se limitará a las superficies estrictamente necesarias para la infraestructura ferroviaria, procurando reducir la fragmentación de las unidades productivas y mantener la funcionalidad de los accesos, caminos, escurrimientos y demás infraestructura vinculada con la actividad agrícola.

La congruencia territorial del Proyecto debe considerarse conjuntamente con las disposiciones correspondientes a las UGAT municipales atravesadas, así como con los criterios de regulación ambiental y directrices urbano-territoriales previamente analizados, particularmente aquellos relacionados con infraestructura lineal, conservación de suelo, protección de recursos naturales y ordenamiento de las actividades territoriales.

CONSULTA PÚBLICA



B) ESTADO DE JALISCO

El trazo del Proyecto en el estado de Jalisco recorre diversos municipios, articulando su infraestructura con los instrumentos de planeación territorial vigentes en la entidad. La evaluación de congruencia y vinculación territorial se realiza a partir de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) y los planes de centros de población formalmente establecidos. Cabe señalar que, en aquellos municipios del trazo donde no se cuente con un programa de desarrollo urbano vigente o actualizado, se recurrirá de manera supletoria a las directrices y lineamientos establecidos en el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza correspondiente, garantizando así la congruencia de la obra con la política territorial estatal y municipal.

II.4.5 *Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de San Diego de Alejandría*

Fecha de última publicación: diciembre 1995.
Fuente de consulta: https://sandiegodealejandria.gob.mx/transparencia/articulo-15/programa-municipal-de-desarrollo-urbano/

A la fecha de elaboración del presente documento se realizó la búsqueda del Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) en la página electrónica oficial del mismo en la cual únicamente se encontró el **Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de San Diego de Alejandría, Jal.** Emitido por el H. Ayuntamiento municipal en diciembre de 1995 y sobre el cual se realizó la vinculación con el Proyecto en propuesta.

El PDU para la localidad de San Diego de Alejandría tiene por objetivo, establecer las estrategias que permitan orientar el Desarrollo Urbano hacia el mejoramiento de la calidad urbana y de vida de sus habitantes de acuerdo a lo establecido en la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Jalisco. Entre las metas específicas se considera el eficientar y mejorar la infraestructura existente ante lo cual, el Proyecto en propuesta representa colaboración en el cumplimiento de dicha meta al considerar que con su implementación se contará de manera permanente con infraestructura de calidad y acordé al buen servicio de transporte público, que facilitará el traslado tanto de habitantes locales como del resto de los municipios en que el mismo se desarrollará.

Si bien el trazo del Proyecto no se encuentra directamente en la localidad centro San Diego de Alejandría, si tiene injerencia en la vialidad regional pues está de acuerdo a lo que señala el PDU está constituida básicamente por las carreteras a León, Unión de San Antonio y San Julián; recalcando en este punto, que el Proyecto se desplaza paralelo a la carretera León, conectando directamente a San Francisco del Rincón (localizada al este de la localidad de San Diego de Alejandría) con León, Silao e Irapuato en dirección hacia el estado de Guanajuato, mientras que hacia el estado de Jalisco, permitirá la conexión de, entre otras localidades, Guadalajara y Zapopan.

CONSULTA PÚBLICA

II.4.6 *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza (PMDyG), Arandas 2024-2027*

Fecha de última publicación: 18 de junio de 2025.
Fuente de consulta: https://plan.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2022/09/mapa/pdf2024/1.pdf

A la fecha de elaboración del presente estudio, no se localizó en la página electrónica oficial del municipio de Arandas un Programa Municipal de Desarrollo Urbano vigente, por lo que se determinó realizar la vinculación del Proyecto con el **Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza (PMDyG) Arandas 2024-2027**, instrumento rector que guía las decisiones estratégicas de la administración local bajo los principios de gobernanza, transparencia y colaboración ciudadana.

El PMDyG de Arandas, se fundamenta en seis ejes estratégicos: 1) Servicios públicos de calidad, 2) Prevención, Protección y Seguridad, 3) Inclusión y Bienestar Social, **4) Infraestructura y Equipamiento Urbano**, 5) Desarrollo Económico Sostenible y 6) Gobierno Abierto y Transparente.

El objetivo del Eje 4 de Infraestructura y Equipamiento Urbano señala que se deberán desarrollar y mantener vialidades y espacios públicos de calidad en un 100 por ciento, que promuevan la movilidad eficiente y el uso adecuado del suelo, asegurando un crecimiento urbano ordenado y accesible para todos los ciudadanos; entre las estrategias generales para el mejoramiento de vialidades se encuentra el optar por materiales más duraderos y de bajo mantenimiento, como asfaltos reforzados y concreto ecológico, que, aunque puedan ser un poco más costosos inicialmente, reducirán los costos de mantenimiento a largo plazo, así como **instalar señalización clara y visible**, tanto horizontal como vertical, y crear más cruces peatonales seguros, y también establecer un catálogo de las obras diversas y totales que se harán en los 3 años del gobierno estableciendo prioridades, nombre de la obra, tipos de recursos por nivel de gobierno, costo, duración de la obra y beneficiados totales buscando dar certeza y transparencia a los ciudadanos.

En cuanto al Programa de Mejoramiento Urbano del PMDyG, tiene como estrategias generales el fomentar el uso de la movilidad no motorizada y el transporte público mediante la habilitación de ciclovías económicas y el mejoramiento de las paradas de autobús. Esto mejora la movilidad y reduce la congestión vehicular sin necesidad de grandes inversiones.

Ante lo antes señalado por el PMDyG de Arandas, el Proyecto en propuesta pretende la implementación de infraestructura con calidad de 100 por ciento, siempre eficientando el uso de materiales duraderos y de bajo mantenimiento, promoviendo movilidad eficiente bajo un crecimiento ordenado y accesible a la ciudadanía. Así mismo, el Proyecto promoverá la implementación de señalética adecuada, tanto durante el desarrollo del Proyecto como una vez concluido el mismo. Por último, la implementación del Proyecto promueve satisfactoriamente lo establecido en el PMDyG al promover el uso de transporte público eficiente que a la par permite la reducción de la congestión vehicular. Por lo anterior, se concluye que el Proyecto no interfiere con lo establecido en el PMDyG, antes bien, su realización se vincula satisfactoriamente con el desarrollo del municipio de Arandas.

CONSULTA PÚBLICA



El Proyecto del tren de pasajeros se consolida como un sistema de transporte masivo de alta eficiencia, el cual coadyuva directamente a la reducción del tráfico vehicular en la región, por lo que el Proyecto no interfiere con las metas de desarrollo urbano y movilidad del municipio; por el contrario, su realización se vincula de manera muy favorable al potenciar un sistema de transporte público moderno, seguro y eficiente que fomenta el desarrollo socioeconómico sostenible y la integración regional.

II.4.7 *Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) del municipio de San Ignacio Cerro Gordo*

Fecha de expedición: noviembre de 2023
Fuente de consulta: https://sanignaciocg.gob.mx/durbano/pmdu/

El PMDU de San Ignacio Cerro Gordo, fue emitido conjuntamente por el gobierno municipal y la autoridad estatal en la materia, constituye el instrumento estratégico que regula los usos del suelo en el territorio. Su alcance se fundamenta en la legislación aplicable para integrar el mapa de zonificación primaria; conforme a la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, y un esquema simplificado de zonificación secundaria. Más allá de su carácter normativo, el programa se concibe como un pacto social entre autoridades y ciudadanos para ordenar el crecimiento territorial.

De acuerdo con su diagnóstico, la mayor concentración urbana se localiza en la cabecera municipal, mientras que el resto del territorio está dominado por tierras agrícolas y pastizales cultivados. Esto otorga al municipio una clara vocación agropecuaria, donde destaca de manera preponderante la actividad ganadera de tipo extensivo.

De acuerdo al apartado 5.3.2 de zonificación primaria presentada en el PMDU de San Ignacio Cerro Gordo, únicamente se contemplaban para el municipio áreas urbanizadas, urbanizables y no urbanizables, sin embargo, debido a las características del territorio y a las necesidades del municipio, cuya actividad económica principal tiene lugar en suelo rural se consideró el establecimiento de una zonificación en áreas, para obtener o conservar la adecuada relación ambiental, así como para normar la acción urbanística que en dichas áreas se pretenda realizar, en caso de ser factible, que permite regulas las actividades en suelo rural, que son las que tienen una mayor incidencia sobre los cambios que ocurren en la conformación del territorio. A continuación, se presenta la clasificación de áreas en las que el Proyecto tiene injerencia.

Tabla II.154. **Clasificación de áreas que inciden en el área del Proyecto, de acuerdo al PMDU de San Ignacio Cerro Gordo. Elaboración propia.**

ZONIFICACIÓN PRIMARIA	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	SUBCLASIFICACIÓN DE ÁREAS	CLAVES DE IDENTIFICACIÓN EN EL MAPA
No urbanizables	Áreas rústicas	Agropecuarias	AR-AGR-3
	Áreas de protección a cauces y cuerpos de agua		CA

CONSULTA PÚBLICA



Áreas rústicas agropecuarias AR-AGR-3: Son los terrenos ocupados por cultivos, pastizales y cuyo uso corresponde principalmente a las actividades agropecuarias y que pueden albergar también aquellas actividades estratégicas para el desarrollo regional de usos industriales, de extracción, almacenamiento e infraestructura que por sus características de operación e impacto requieren emplazarse en suelo rural. Es importante señalar que el PMDU presenta las actividades especiales permitidas a realizarse en las áreas rusticas agropecuarias y dentro de las cuales no se encuentran las del Proyecto en propuesta, sin embargo, tampoco las señala como restringidas.

Áreas de protección a cauces y cuerpos de agua CA: Las requeridas para la regulación y el control de los cauces en los escurrimientos y vasos hidráulicos; en el programa, se incluyen dentro de esta categorización las áreas de protección a cuerpos de agua, y a escurrimientos tanto perennes como intermitentes, en los términos de la Ley de Aguas Nacionales.

Estas áreas son del dominio de la nación y de utilidad pública, estando bajo jurisdicción federal según lo estipulado por la LNA y la LGEEPA. Así mismo, estas áreas y sus zonas de amortiguamiento podrán estar sujetas a un Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial, según lo dispuesto en las leyes de la materia.

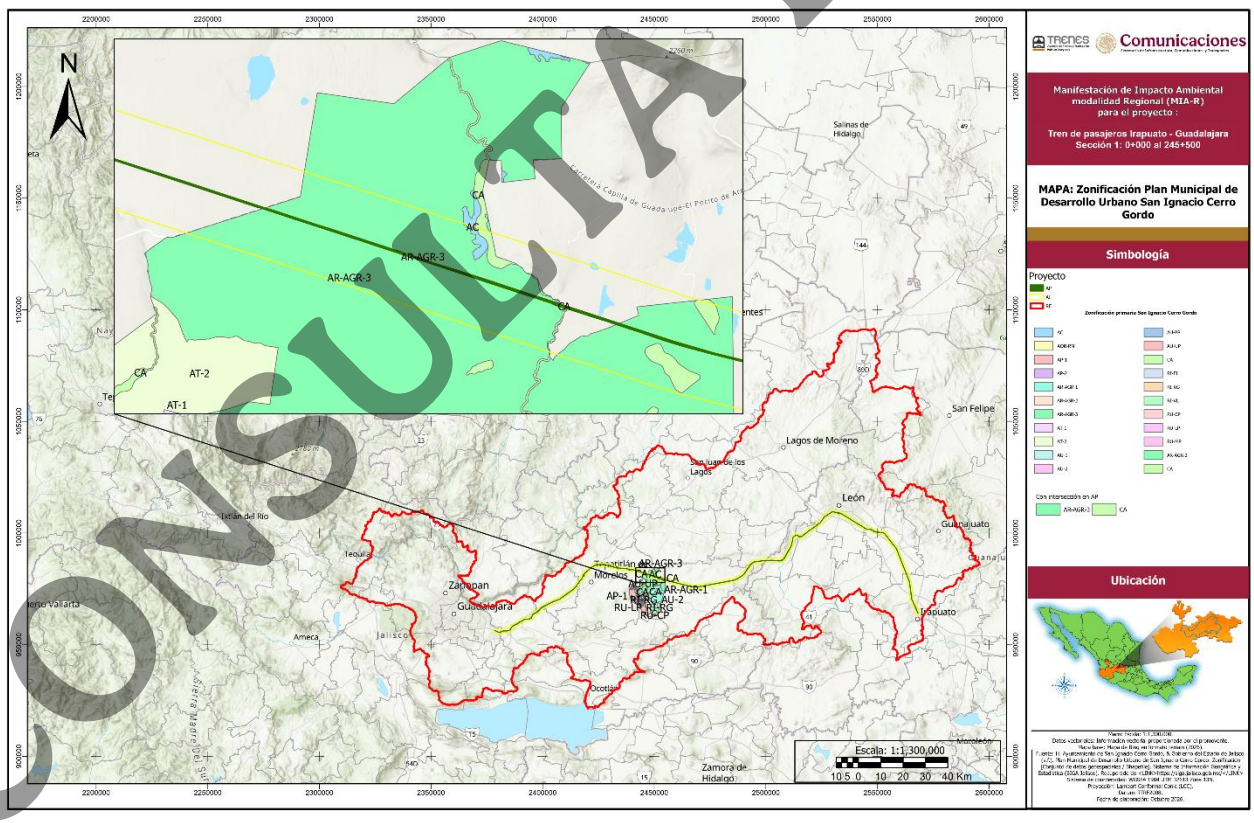


Figura II.18. **Clasificación de áreas de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de San Ignacio Cerro Gordo.**

CONSULTA PÚBLICA



La vinculación territorial del Proyecto con el PMDU de San Ignacio Cerro Gordo demuestra que su trazado incide principalmente en Áreas Rústicas Agropecuarias (AR-AGR-3) y Áreas de Protección a Cauces y Cuerpos de Agua (CA). Aunque el instrumento no contempla de manera expresa a la infraestructura ferroviaria dentro de sus actividades permitidas en suelo rústico, tampoco la restringe, **reconociendo la viabilidad de emplazar infraestructura** estratégica de escala regional. Asimismo, para mitigar cualquier alteración en las zonas de protección hídrica, asociadas a escurrimientos y cuerpos como el río El Cerro Gordo, el Proyecto implementará **Medidas** preventivas y correctivas específicas, tales como obras de drenaje transversal y longitudinal (**M07**) y un monitoreo continuo de la calidad del agua (**P11**), garantizando la compatibilidad ambiental y operativa en el municipio.

II.4.8 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tepatitlán de Morelos*

Fecha de expedición: 18 de julio de 2024.
Fuente de consulta: https://tepatitlan.visorurbano.com/mapa/
https: tepatitlan.gob.mx/ordenamiento/transparencia/

El PMDU de Tepatitlán de Morelos constituye el instrumento estratégico y reglamentario fundamental para ordenar el territorio de manera integral, con el propósito de garantizar el derecho a la ciudad a través de ocho componentes clave, tales como la inclusión, la igualdad de género y la sostenibilidad urbano-rural. Su directriz central radica en rescatar la función social y de conservación del suelo frente a una visión meramente mercantil, conteniendo la expansión horizontal de la mancha urbana mediante políticas estrictas de densificación y zonificación, tanto dentro como fuera de los centros de población.

Para lograr este cometido, el programa establece restricciones severas e impedimentos directos para el cambio de uso de suelo en zonas de conservación, áreas proveedoras de servicios ecosistémicos y superficies afectadas por incendios forestales en las últimas dos décadas (extendiendo la prohibición hasta asegurar su regeneración natural). Asimismo, delimita zonas de alto riesgo por inundaciones, particularmente en los cauces del río Tepatitlán y arroyos locales de la cabecera, Capilla de Guadalupe, San José de Gracia y Pegueros, además de identificar áreas con peligro geológico por laderas inestables para salvaguardar a la población y a los recursos naturales.

En el continuo municipal, el territorio se encuentra dominado por suelo rural con una intensa vocación agropecuaria, destacando la producción agrícola y los sectores avícola, porcino y tequilero. Estas actividades se despliegan a lo largo de corredores estratégicos que representan un reto considerable en términos de compatibilidad urbana, presión sobre los recursos naturales y control de la contaminación hídrica y manejo de residuos.

Ante esta dinámica, el programa integra directrices rigurosas de sustentabilidad ambiental que exigen la implementación de protocolos estrictos para la prevención, manejo temporal y disposición adecuada de los residuos (tanto sólidos urbanos como de manejo especial e industrial asociados a la dinámica regional). Cualquier obra de infraestructura de gran envergadura que atraviese el municipio debe someterse a estas disposiciones ecológicas

CONSULTA PÚBLICA





para evitar la degradación de los cuerpos de agua, la alteración de los servicios ecosistémicos y la generación de pasivos ambientales en las zonas de recarga e infiltración. El crecimiento y los nuevos desarrollos se ordenan mediante un esquema de zonificación secundaria simplificada en distintas localidades (como la cabecera, Capilla de Milpillas, Capilla de Guadalupe, Mezcala y Tecomatlán), implementando usos mixtos regulados en áreas urbanizadas (AU) para dotar de mayor objetividad a los dictámenes municipales y combatir la dispersión urbana y la proliferación de asentamientos irregulares.

Para realizar una vinculación precisa, se recurrió a la matriz de compatibilidad de usos, reservas, restricciones viales y áreas de valor ambiental contenida en el Anexo II.4 (página 131-140) del documento, relacionando las claves normativas y sus condicionantes ambientales con los tramos específicos del Proyecto:

- **Restricción para Vialidades (RI-VL):** Estas claves se asocian de manera directa con las afectaciones por DDV y polígonos de restricción, prohibiendo el despliegue de edificación permanente para salvaguardar las líneas de conducción y la sección transversal de los ejes viales prioritarios. Esto se vincula con el último tramo del Proyecto dentro del municipio, donde el tren discurre de forma cercana y paralela a la autopista (hacia Lagos de Moreno, aproximadamente a 800 metros), garantizando el estricto respeto a los DDV, las distancias de seguridad normativas y la mitigación de impactos por ruido y vibraciones sobre las franjas colindantes.

- **Zonas de Producción Primaria (AR-AGR):** Las disposiciones de compatibilidad asignan restricciones rigurosas a la densificación urbana y exigen la protección de los suelos agrícolas, limitando los usos de suelo exclusivamente a actividades primarias, silvícolas o de muy baja intensidad. Esta directriz abarca la mayor extensión del trazo del Proyecto a través de las Áreas Rústicas Agropecuarias, lo que obliga a implementar medidas de manejo ambiental específicas para evitar la fragmentación de predios productivos y asegurar el control estricto de residuos de construcción en zonas rurales.

- **Protección de Infraestructura Ecológica (AU/EV y AC/EV):** La tabla pauta porcentajes obligatorios de retención de áreas verdes y de valor ambiental, condicionando cualquier autorización al mantenimiento de estos polígonos amortiguadores y a la salvaguarda de la biodiversidad local. En las inmediaciones del trazo hacia el municipio de San Ignacio Cerro Gordo (en Capilla de Guadalupe), el recorrido transita por zonas de transición y áreas de reserva urbana a mediano plazo, integrándose a las previsiones de crecimiento ordenado y compatibilidad de usos mixtos, bajo la premisa de no comprometer los corredores ecológicos ni los sistemas locales de drenaje y manejo de escorrentías.

A pesar de que el programa no establece un criterio único y estandarizado para cada clave de zonificación de manera aislada, la inserción del Proyecto se efectúa de forma congruente con la naturaleza de cada zona territorial y ambiental que atraviesa la vía férrea.

El Proyecto al tratarse de una obra de infraestructura de carácter federal, **es técnicamente viable dentro del municipio de Tepatitlán de Morelos**, siempre y cuando se sujete de manera estricta a los condicionamientos de los instrumentos de planeación local y a la normatividad ambiental aplicable. La viabilidad no se sustenta en una exención de las reglas municipales, sino en su compatibilidad directa con los polígonos de restricción vial

CONSULTA PÚBLICA



(aprovechando los corredores de transporte existentes junto a la autopista), el respeto a las zonas rústicas agropecuarias sin detonar procesos de urbanización dispersa, la correcta integración en las áreas de transición y reserva a mediano, y la adopción de rigurosos planes de manejo de residuos y mitigación ambiental. Con ello, el trazado federal logra coexistir armónicamente con la estrategia de sustentabilidad, protección ecológica y ordenamiento territorial que rige el desarrollo del municipio.

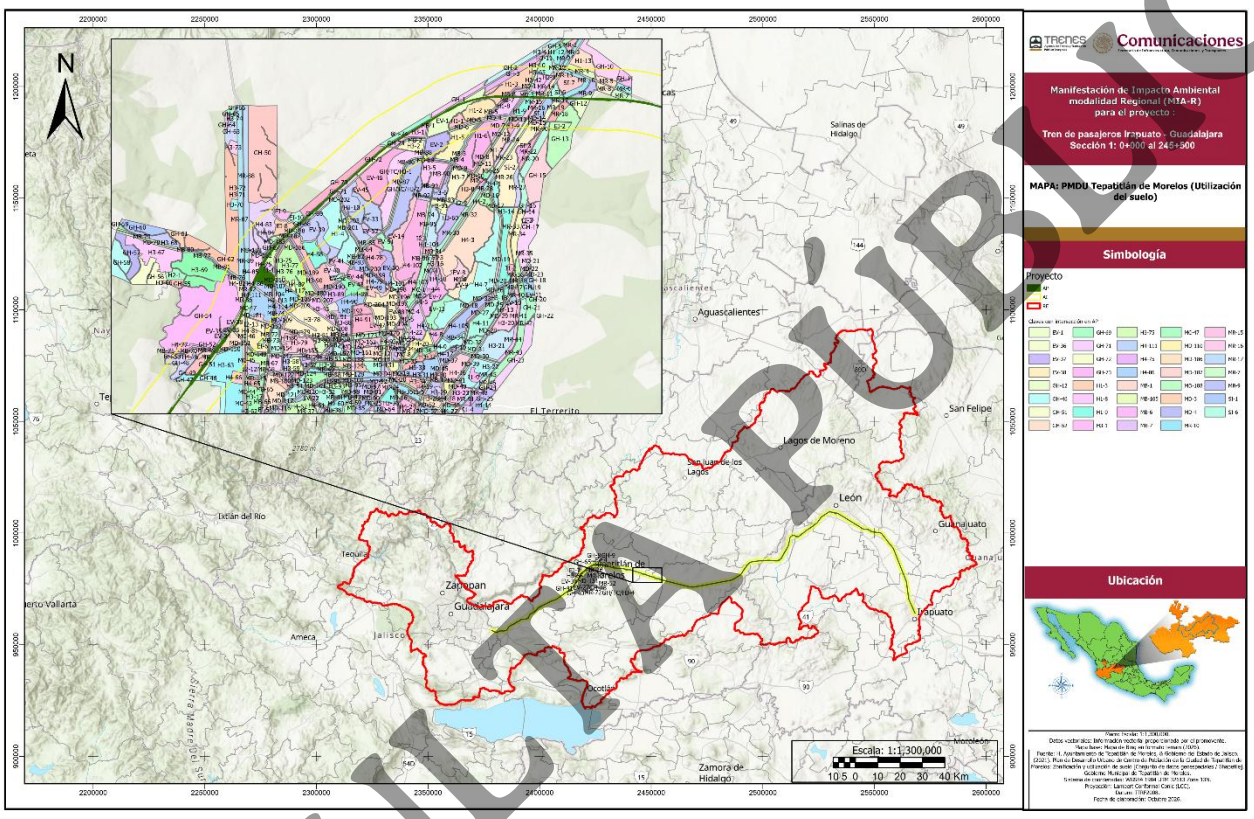


Figura II.19. **Clasificación de áreas de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tepatitlán de Morelos. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



II.4.9 *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza (PMDyG) Acatic 2024-2027 Visión 2030*

Fecha de última publicación: junio de 1998.
Fuente de consulta: ://acatic.com.mx/normatividad/plan-municipal/

A la fecha de elaboración del presente documento no se localizó un Programa de Desarrollo Urbano municipal actualizada, contándose únicamente con un instrumento de junio de 1998, por lo que, conforme a la información oficial disponible en el portal institucional del municipio de Acatic (https://acatic.com.mx/), se determinó tomar como marco rector el **Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza (PMDyG) Acatic 2024-2027 Visión 2030.** Este documento guía las políticas públicas y acciones de la administración municipal, estableciendo objetivos estratégicos en estricta alineación con los planes nacional y estatal.

El municipio cuenta con una red aproximada de 180 kilómetros de caminos y carreteras entre los que destacan la carretera federal libre 80 Guadalajara-México, la autopista de peaje Guadalajara-Lagos de Moreno y el entronque estatal Jalisco 301. Si bien esta infraestructura permite una conectividad permanente, las deficiencias en la superficie de rodamiento y la falta de pavimentación en caminos municipales generan recurrentes pérdidas de tiempo. En cuanto al transporte de pasajeros, opera mediante servicio público particular con rutas hacia Tepatitlán, Zapotlanejo y Guadalajara, además de servicios de taxi locales, con una calidad de regular a buena, pero con disponibilidad limitada exclusivamente al horario diurno.

Eje 3: Desarrollo Sostenible del Territorio
El análisis de la problemática municipal, estructurado en cinco ejes rectores, identifica en el Eje 3 áreas prioritarias vinculadas con la infraestructura y el transporte:

- **Infraestructura para el Desarrollo:** El municipio señala como problemática el alumbrado público insuficiente, proponiendo una renovación integral basada en tecnologías ahorradoras y solares. En congruencia con esta visión de eficiencia energética, el Proyecto ferroviario contempla la instalación de sistemas de iluminación eficientes y adecuados para su operación.
- **Desarrollo Integral de Transporte:** Se identifica la carencia de transporte público regular y económico, proponiendo el diseño de rutas y la gestión de inversiones para conectar la cabecera municipal con las comunidades de la región y del estado.

El Proyecto del tren de pasajeros se vincula de manera directa y positiva con los objetivos del municipio de Acatic, ya que actúa como una infraestructura estratégica de alta capacidad que trasciende la escala local. Al constituirse como un sistema de transporte público masivo, seguro, moderno y eficiente, el Proyecto complementa y potencia la movilidad regional, resolviendo las limitaciones de conectividad terrestre, descongestionando las vías carreteras actuales y ofreciendo una alternativa accesible que integrará funcionalmente al municipio de Acatic con los principales centros urbanos y polos de desarrollo de los estados de Jalisco y Guanajuato.

CONSULTA PÚBLICA





II.4.10 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) Zapotlanejo*

Fecha de última publicación: Programa Municipal de Desarrollo Urbano Zapotlanejo 2020-2040.
Fuente de consulta: https://zapotlanejo.gob.mx/transparencia/archivos.php?id=107&art=2

Por su ubicación geográfica, cercanía a la ciudad región de Guadalajara, evolución histórica y características físicas propias de su territorio y conformación de sus asentamientos humanos, Zapotlanejo es receptáculo, vínculo y puerta a varias regiones del estado y zonas del país. Cuenta con su PMDU el cual contiene estrategias tendientes a la conservación, promoción y mejoramiento del medio natural, así como la promoción y mejoramiento de las localidades urbanas y Centros de Población rurales, su infraestructura y equipamiento necesario acordes con la dinámica de desarrollo y crecimiento que se propone para el municipio; las acciones que como resultado de su planeación y atendiendo a los distintos sectores y rubros deban promoverse en el corto y mediano plazo, para superar los niveles de marginación, dispersión y migración de la comunidad residente y, establecer las normas necesarias para regular y ordenar los Asentamientos Humanos rurales y urbanos y así mejorar el nivel de vida de la población.

Los objetivos y clasificación de áreas para el PMDU de Zapotlanejo, están definidos en el Reglamento Estatal de Zonificación (REZ), las categorías atendiendo a su grado de detalle: determinación de los aprovechamientos generales o utilización general del suelo o zonificación primaria para el Programa Municipal son: Piscícola(P), Actividades Silvestres (AS), Forestal(F), Actividades Extractivas (AE), Agropecuario (AG), Turístico Ecológico (TE), Turístico Campestre (TC), Turístico(T), Urbano (U), Comercio Regional (CR), Servicios Regionales (SR), Industria pesada y de riesgo alto, (I3). Equipamiento Regional (ER), Espacios Verdes, Abiertos y Recreativos Regionales, (EV-R), Instalaciones Especiales e Infraestructura (IEI).

De acuerdo al plano de zonificación del PMDU del municipio, la superficie del Proyecto que se encuentra dentro de las siguientes zonas:

Tabla II.155. **Clasificación de áreas que inciden en el área del Proyecto, de acuerdo con el PMDU de Zapotlanejo. Elaboración propia.**

SIMBOLOGÍA	CLASIFICACIÓN DE ÁREA
AU	Áreas urbanizadas
PP	Áreas de protección patrimonial
RU	Áreas de reserva urbana
RI	Áreas de restricción por paso de infraestructura
IE	Áreas de restricción de instalaciones especiales
AT	Áreas de transición
AG	Áreas agrícolas
AC	Áreas de conservación ecológica
GH	Áreas de granjas y huertos
CA	Áreas de protección a cauces y cuerpos de agua
PA	Áreas de protección a acuíferos

CONSULTA PÚBLICA



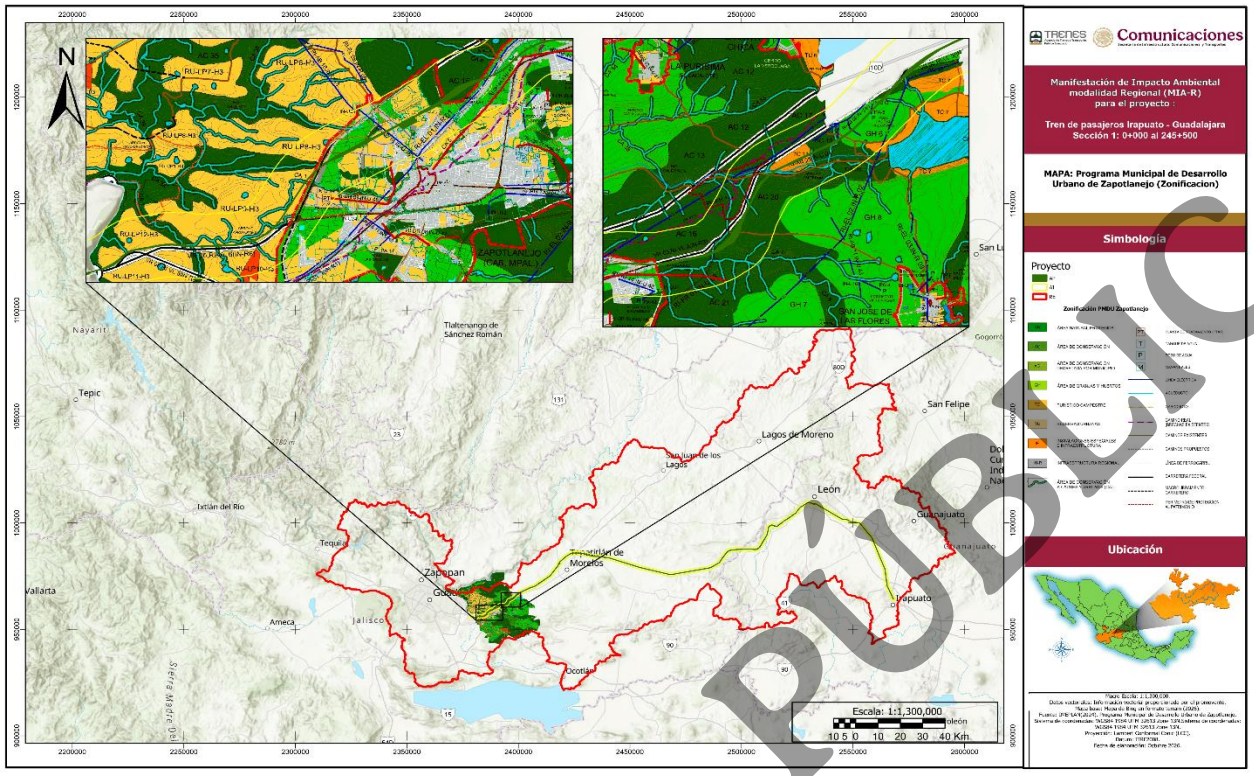


Figura II.20. **Clasificación de áreas de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zapotlanejo 1 de 2. Elaboración propia.**

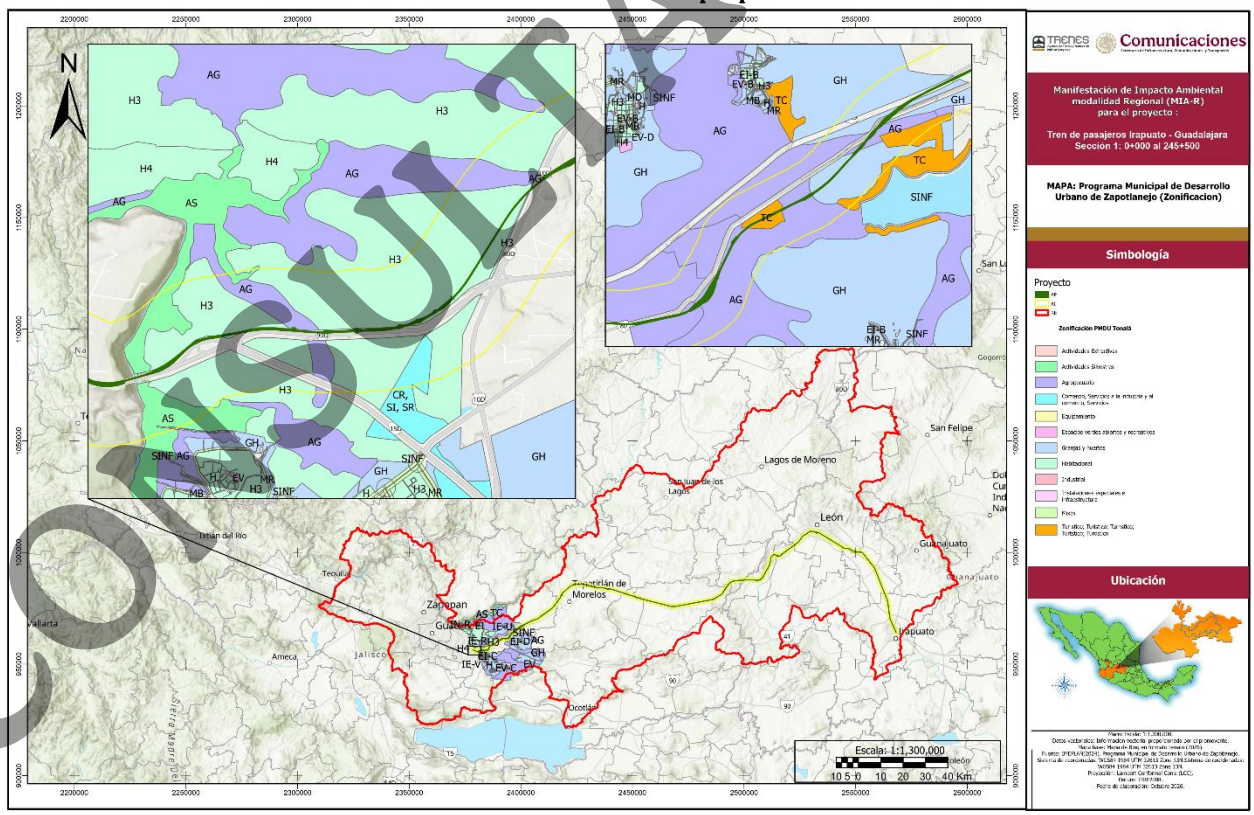


Figura II.21. **Clasificación de áreas (zonificación) de acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zapotlanejo 2 / 2. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



II.4.11 *Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Tonalá*

Fecha de Ultima Actualización: 14 octubre de 2025.
Fuente de consulta: https://portal-transparencia.tonala.gob.mx/xx-el-programa-municipal-de-desarrollo-urbano-los-planes-de-desarrollo-urbano-de-centros-de-poblacion-y-los-planes-parciales-de-desarrollo-urbano/

Este documento constituye el instrumento rector fundamental para la planeación, ordenamiento y regulación territorial de la totalidad del municipio dentro del contexto del AMG. Su propósito principal es establecer las directrices técnicas y normativas que orienten la conservación, el mejoramiento y el crecimiento sustentable de los centros de población, asegurando una congruencia estricta con el Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet) y los diversos marcos normativos federales y estatales aplicables.

El programa persigue objetivos orientados a regular los asentamientos humanos para elevar la calidad de vida de la población mediante la optimización de los usos y destinos del suelo, vinculando de manera directa las políticas de preservación ambiental y el ordenamiento ecológico local, busca distribuir equitativamente las cargas y beneficios del desarrollo urbano, conservar los recursos naturales para garantizar el equilibrio ecológico, promover la movilidad sustentable con énfasis en la accesibilidad universal y el transporte no motorizado, y consolidar reservas territoriales adecuadas para el desarrollo y la vivienda.

Para materializar estas metas, el instrumento establece una zonificación primaria y una **clasificación de áreas que fomenta la diversidad y eficiencia de usos del suelo mixtos**, evitando esquemas segregados o una expansión urbana desmedida. De igual forma, delimita zonas de conservación ecológica basadas en UGA, áreas de crecimiento habitacional compatibles con actividades productivas seguras, y franjas de restricción y amortiguamiento en zonas de riesgo o cuerpos de agua.

La estructuración operativa del programa se articula a través de ejes de acción transversales que abarcan **la movilidad urbana, la regulación ambiental y mitigación climática, el rescate y creación de espacios públicos accesibles, la planeación de infraestructura y servicios básicos, y la instrumentación de políticas de suelo y vivienda digna.** Estas líneas estratégicas buscan consolidar una gobernanza participativa e incluyente que fortalezca la resiliencia territorial del municipio frente a los retos contemporáneos del desarrollo metropolitano.

De acuerdo con el análisis de la zonificación y usos de suelo se tiene, que el trazo del proyecto pasa por cinco usos de suelo y cruces con cuerpos de agua (en total 6):

- **AC (Áreas de Conservación):** Superficies del territorio que cuentan con importantes valores ambientales, ecológicos, paisajísticos o de regulación climática, destinadas a la protección, restauración y preservación de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales, en las cuales se prohíbe o se restringe severamente cualquier proceso de urbanización, edificación o cambio de uso de suelo que comprometa su equilibrio ecológico.

CONSULTA PÚBLICA





- **AU-RN (Áreas de renovación urbana):** Superficies del territorio con asentamientos humanos y edificaciones consolidadas que presentan procesos de deterioro físico, ambiental, funcional o socioeconómico, sujetas a acciones de rehabilitación, redensificación, regeneración o sustitución para revitalizar su dinámica urbana y optimizar su infraestructura.

- **AR (Áreas rústicas):** Zonas del territorio situadas fuera de los límites de los centros de población, destinadas primordialmente a actividades agropecuarias, silvícolas, forestales, acuícolas o al aprovechamiento de los recursos naturales, en las cuales se restringe de manera estricta el proceso de urbanización.

- **AN (Áreas naturales protegidas):** Zonas del territorio bajo regímenes legales y de manejo especial, caracterizadas por albergar ecosistemas representativos, biodiversidad relevante, especies sujetas a protección o zonas de provisión crítica de servicios ambientales, donde la conservación prevalece sobre cualquier uso o aprovechamiento urbano e industrial.

- **RU-CP (Áreas de reserva urbana a corto plazo):** Superficies previstas para el crecimiento y expansión inmediata del centro de población, las cuales cuentan con condiciones o factibilidad técnica para la introducción prioritaria de infraestructura, servicios básicos y vialidades dentro del horizonte temporal de corto plazo del instrumento de planeación.

- **RU-MP** (Áreas de reserva urbana a mediano plazo): Porciones del territorio destinadas a la expansión urbana futura, cuya incorporación al desarrollo urbano se proyecta para el mediano plazo, estando sujetas a restricciones de crecimiento hasta que se programen y garanticen las inversiones en infraestructura, equipamiento y servicios públicos correspondientes.

El trazo del Proyecto cruza y colinda con Áreas AU-RN en sectores consolidados que presentan deterioro físico, lo que exige la implementación de proyectos de integración urbana, mitigación acústica y vibratoria, y la regeneración de espacios residuales adyacentes al DDV para evitar la segregación socioespacial. El trazo incide directamente sobre RU-CP, identificadas en los polígonos de afectación del sector poniente y central, representando los puntos de mayor presión inmobiliaria y oportunidad para el desarrollo de nodos de transferencia modal, densificación mixta y dotación prioritaria de servicios públicos.

En cuanto a las RU-MP, el trazo atraviesa superficies destinadas a la expansión futura, configurándose como un eje estructurante que obligará a coordinar los instrumentos de planeación sectorial para guiar la densificación ordenada y prevenir la consolidación de asentamientos irregulares. De manera crítica, el trazo interseca diversas Áreas CA y sus respectivas zonas federales, lo que demanda el diseño de obras especiales de drenaje, puentes o viaductos, así como autorizaciones específicas para garantizar la estabilidad hidrológica y prevenir riesgos por inundación.

CONSULTA PÚBLICA



En los tramos de transición hacia la periferia municipal y los límites regionales, el DDV atraviesa Áreas AR dedicadas a actividades agropecuarias o forestales, requiriendo medidas de mitigación para evitar la fragmentación del paisaje rural y la pérdida de permeabilidad del suelo. Aunque el diseño del trazo ferroviario evita atravesar los núcleos estrictos de las Áreas Naturales Protegidas (AN), el corredor interactúa con zonas de amortiguamiento y corredores biológicos.

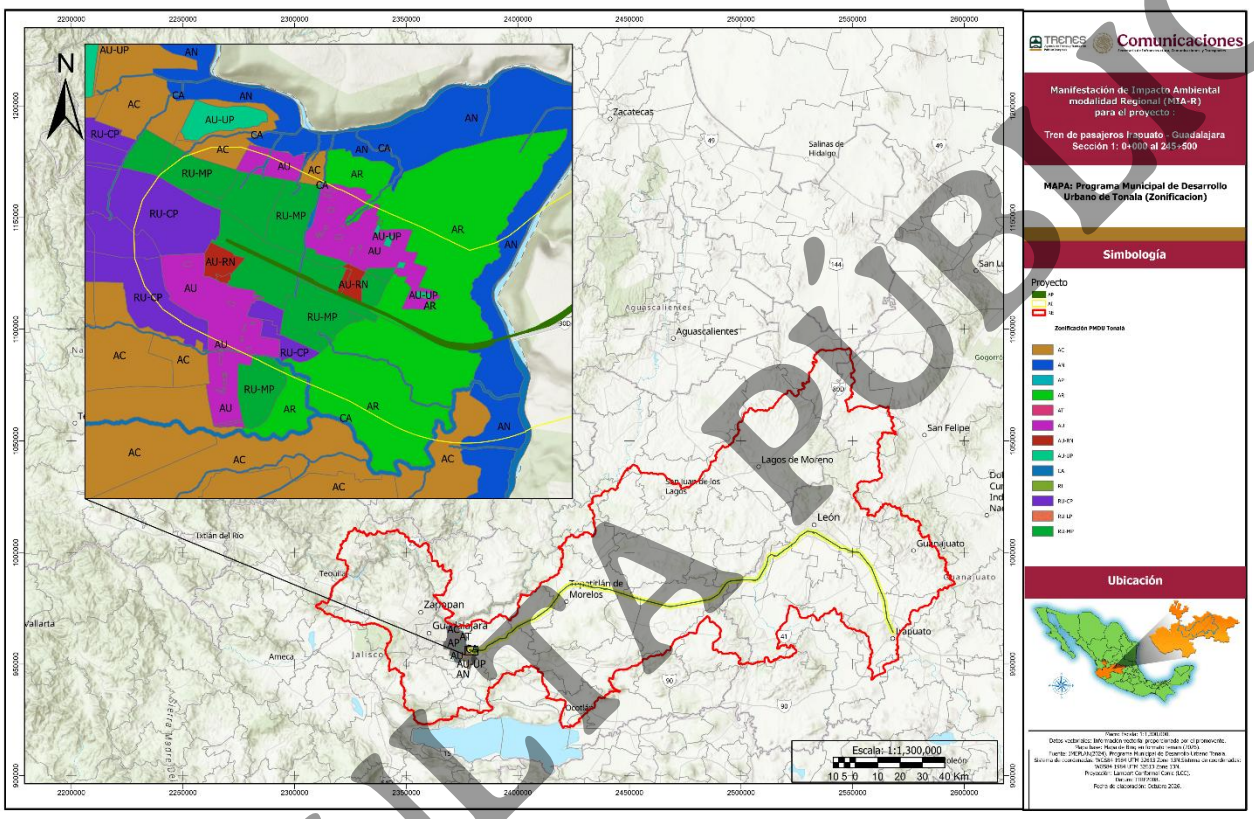


Figura II.22. **Usos de suelo de acuerdo con el PMDU de Tonalá por los que atraviesa el Proyecto. Elaboración propia.**

El trazo del proyecto en Tonalá garantizará la viabilidad ambiental en el territorio municipal, se implementará **Medidas** de prevención, mitigación, restauración y compensación. En la etapa constructiva destacan la delimitación topográfica (**P01**), el rescate de suelo vegetal (**M02**), la estabilización de taludes (**P02**), el manejo de residuos con almacén temporal (**P05, P06**), los protocolos antiderrrames (**M03**), el control de emisiones por humectación y lonas (**M04, M05**), y la restricción horaria de maquinaria para mitigar ruido (**P09**). En materia de protección ecológica e hidrológica, el proyecto contempla el rescate y reubicación de flora y fauna (**M06, M08**), la construcción de pasos de fauna (**M09**), el manejo de especies normadas en la AMG (M10), el mantenimiento de obras de drenaje (**M07**), el monitoreo de la calidad del agua y del aire (**P11, M11**), y la revisión de la infraestructura (**P10**). Las medidas compensatorias comprenden programas específicos para la AMG y el Bajío (**C01, C02, C03**), protección de suelos (**C05**), manejo de arbolado urbano (**C06, C07**), la instalación de cortinas vegetales en el derecho de vía (**C04**), y compensaciones orientadas al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde (**C08**).

CONSULTA PÚBLICA



II.4.12 *Programa de Desarrollo Metropolitano y Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del AMG 2024*

II.4.12.1 *Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara (POTmet)*

El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) cuenta con instrumentos de planeación de escala metropolitana orientados a coordinar el ordenamiento y desarrollo territorial de los municipios que la integran. Entre éstos se encuentran el Programa de Desarrollo Metropolitano (PDM) y el Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet), cuya actualización fue publicada en 2024.

Para definir la compatibilidad urbanística del proyecto dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), es necesario entender cómo se conectan las distintas escalas de planeación:

El alcance del POTmet: El Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano funciona a una escala macro y solo establece una zonificación primaria que divide el territorio en grandes categorías (como suelo urbanizable y no urbanizable). Para llegar al detalle de la zonificación secundaria (usos específicos y densidades), el propio POTmet remite a los instrumentos municipales, es decir, a los Planes Parciales de Desarrollo Urbano.

En la práctica, existe una gran disparidad entre los municipios del AMG. No todos tienen una división completa en distritos ni una caracterización fina para cada tipo de obra. En los casos donde sí existe esta estructura, la vinculación se hace directamente con esos instrumentos; por ejemplo, Zapopan cruza su zonificación con las reglas de su Plan de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) y sus Unidades de Gestión Ambiental (UGA), y Guadalajara aplica los apartados específicos de sus distritos urbanos.

Sin embargo, para municipios como Tonalá y Zapotlanejo, al no contar con una cobertura homogénea de planes parciales detallados ni con fichas específicas para la zonificación de distritos y usos específicos por zona, la revisión de compatibilidad se fundamenta y vincula directamente con los Planes de Desarrollo Urbano de cada municipio.

Esta forma de abordarlo es la que operativamente refleja la realidad normativa de la región: se respeta el marco metropolitano general, pero se aterriza el análisis en el instrumento municipal que sí cuenta con la escala y la normatividad aplicable para evaluar correctamente el proyecto.

Por esto se agregaron los planes de desarrollo urbano de todos los municipios y no se realizó la zonificación primaria del POTmet, en el caso de Zapopan se vinculó de acuerdo a este documento, pero se realizó en conjunto con el Programa de Ordenamiento Ecológico local de Zapopan debido a que lo requería las estrategias y criterios de la UGA.

CONSULTA PÚBLICA





El POTmet constituye un instrumento de planeación territorial de escala metropolitana y establece, entre otros elementos, la estructura territorial, el sistema de movilidad y la zonificación primaria del AMG. Esta última determina de manera general las condiciones de aprovechamiento y conservación del territorio metropolitano, clasificándolo principalmente en **Área Urbanizada, Área Urbanizable y Área No Urbanizable**, de las cuales se desprenden distintas subclasificaciones de acuerdo con las características y fines de cada área.

La zonificación establecida por el POTmet corresponde a una escala de planeación metropolitana y constituye la base para la definición y actualización de los usos y destinos del suelo mediante los instrumentos de planeación urbana municipales. En este sentido, el propio POTmet reconoce que la instrumentación de buena parte de sus estrategias se realiza a través de los planes y programas de desarrollo urbano de los municipios que integran el AMG.

En consecuencia, para efectos de la vinculación territorial del Proyecto, el análisis se realiza en dos escalas complementarias. En primera instancia se considera la zonificación primaria establecida por el POTmet, a efecto de identificar la clasificación general del territorio atravesado por el trazo del proyecto dentro del AMG; posteriormente, para el tramo localizado específicamente en el municipio de Guadalajara, se analiza la zonificación y los usos del suelo establecidos en los instrumentos municipales de desarrollo urbano y sus Planes Parciales de Desarrollo Urbano (PPDU), los cuales permiten realizar un análisis territorial con mayor nivel de detalle.

El proyecto atraviesa parte del AMG, específicamente en los municipios de Zapotlanejo,y Tonalá. A continuación, se describen la zonificación primaria de cada municipio en los que incide el proyecto, de acuerdo con el POTmet.

- **Zapotlanejo**

En el municipio de Zapotlanejo el Proyecto incide en superficies clasificadas por el POTmet como: Área no urbanizable-Aprovechamiento rústico, Área no urbanizable-conservación, Área no urbanizable- protección, Área no urbanizable-protección a cauce y cuerpo de agua, Área urbanizable para asentamiento humano y Área urbanizable- área urbana en consolidación.

- **Tonalá**

En el municipio de Tonalá el Proyecto incide en superficies clasificadas por el POTmet como: Área urbanizada- área urbana con potencial de desarrollo, Área no urbanizable-aprovechamiento rústico, Área no urbanizable- conservación, Área no urbanizable-protección a cauce y cuerpo de agua, Área urbanizable- área urbanizable para actividades de alto impacto, Área urbanizable- área urbanizable para asentamiento humano, Área urbanizada- área urbana con potencial de desarrollo, Área urbanizada- área urbana consolidada, Área urbanizada- área urbana en consolidación y Área no urbanizable-protección.

CONSULTA PÚBLICA



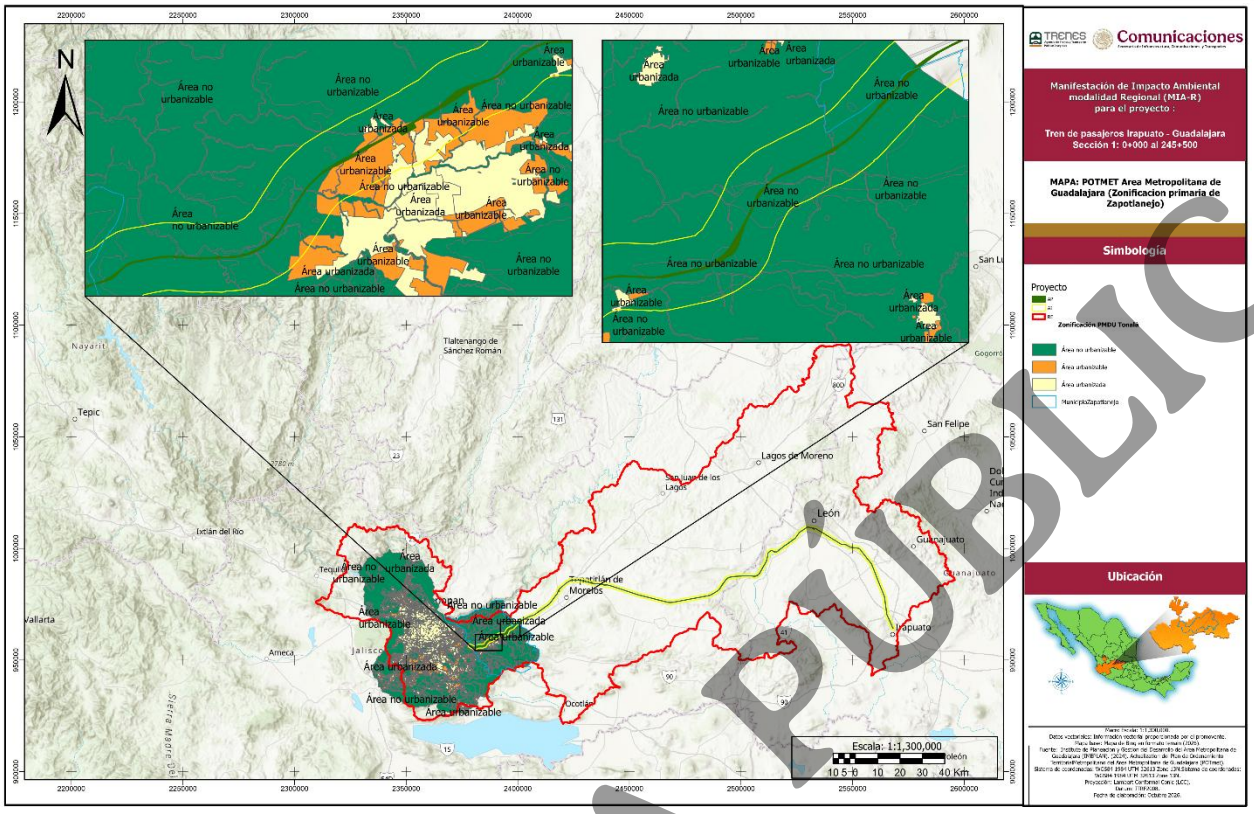


Figura II.23. **Zonificación primaria del POTmet para el municipio de Zapotlanejo. Elaboración propia.**

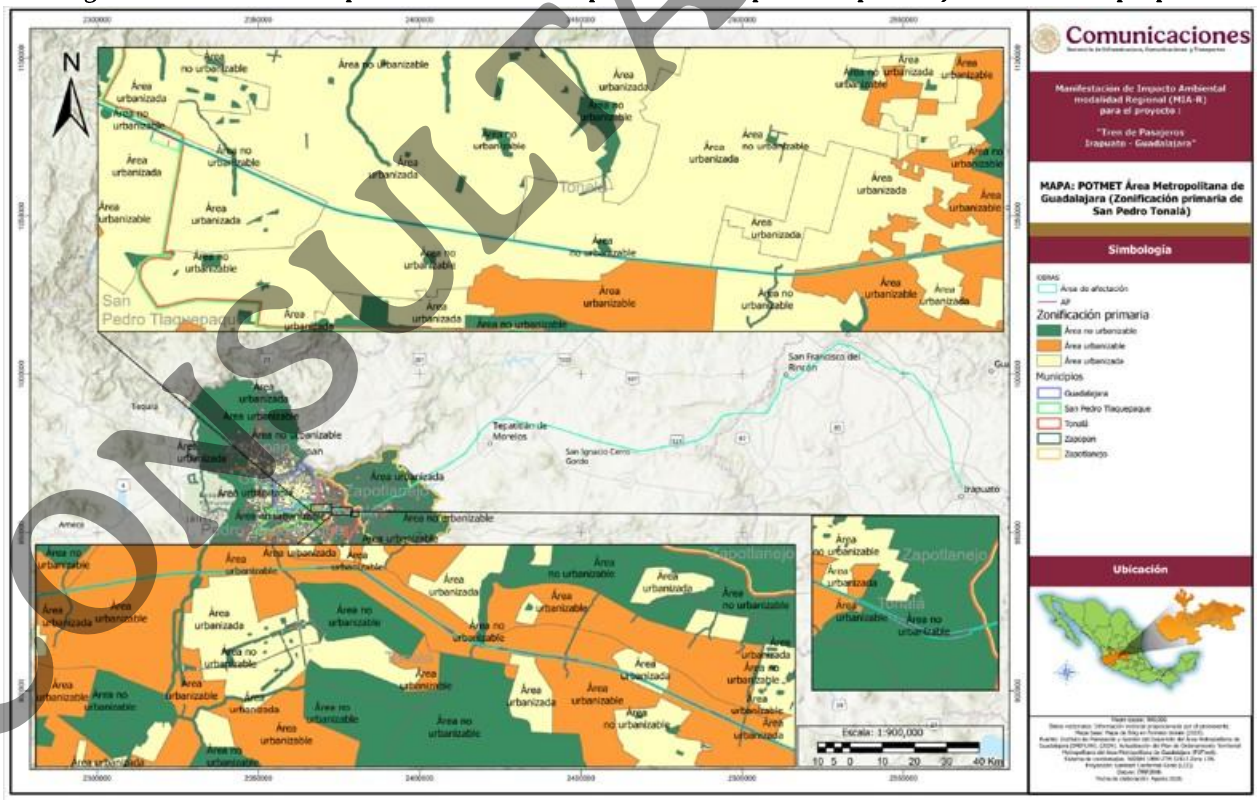


Figura II.24. **Zonificación primaria del POTmet para el municipio de Tonalá. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



En la siguiente tabla se realiza la vinculación del proyecto con los usos de suelo identificados en la Zonificación primaria del POTmet.

Tabla II.156. **Vinculación del proyecto con la Zonificación primaria del POTmet. Elaboración propia**

USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Área Urbanizada – Área urbana con potencial de desarrollo.	La naturaleza del Proyecto corresponde precisamente al establecimiento de infraestructura de transporte ferroviario de carácter lineal, por lo que su ejecución se relaciona con la función urbana y de movilidad que caracteriza a este tipo de territorio. El Proyecto no tiene por objeto promover la expansión de la mancha urbana ni generar nuevos asentamientos humanos, sino fortalecer la infraestructura de transporte mediante el establecimiento de una nueva conexión ferroviaria. En este sentido, su desarrollo se integrará a la estructura urbana existente, procurando mantener la continuidad de vialidades, accesos, infraestructura y servicios, así como implementar las obras y medidas de seguridad necesarias en los puntos de interacción con otros componentes de la movilidad urbana.
Área Urbanizada – Área urbana consolidada.	El trazo del Proyecto también atraviesa superficies clasificadas como Área Urbanizada – Área urbana consolidada, correspondientes a sectores que forman parte de la estructura urbana existente del Área Metropolitana de Guadalajara. Debido al grado de consolidación de estas superficies, la inserción de infraestructura ferroviaria considera particularmente su interacción con la infraestructura, equipamientos, vialidades, servicios y asentamientos existentes. Por ello, el diseño y ejecución del Proyecto procurará mantener la funcionalidad y conectividad urbana, así como establecer las medidas necesarias para garantizar la seguridad en los cruces e interacciones con la red vial y peatonal. Durante la etapa constructiva se implementarán las medidas de prevención y mitigación previstas por el Proyecto para reducir afectaciones temporales relacionadas con emisiones de polvo, ruido, vibraciones, circulación de maquinaria, generación de residuos y modificaciones temporales a la movilidad (**Capítulo IV**).
Área No urbanizable- Conservación.	Debido a la función ambiental asignada a estas superficies dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara (AMG), la incidencia del Proyecto atenderá bajo un criterio de prevención y minimización de afectaciones, restringiendo las obras y actividades a las superficies estrictamente necesarias para el establecimiento de la infraestructura ferroviaria y evitando ocupaciones innecesarias sobre las áreas de conservación. Para garantizar lo anterior, durante las fases del proyecto se aplicarán diversas acciones operativas y de control estructuradas como medidas generales, tales como la **Medida P01** delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada, la **P02** estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte, el **P03** protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo, la **P04** control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra, la **P05** construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP), el **P06** manejo integral de residuos generados en la obra, la P07 suministro y manejo de sanitarios portátiles, la **P08** acciones de capacitación y educación ambiental para el personal, la P09 restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles, la **P10** programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria, y la **P11** monitoreo de calidad del agua en cauces perennes. Durante la preparación del sitio y construcción se implementarán medidas de mitigación orientadas a la protección ambiental, destacando la **Medida M01** retiro de material excedente y reconformación topográfica, la **M02** rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal, la **M03** protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales, la **M04**

CONSULTA PÚBLICA





USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso, la **M05** uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales, y la **M07** construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal. En particular, mediante el Protocolo de Conectividad Biológica (que contempla acciones de rearborización lineal en hileras y la integración de medidas específicas) se buscará favorecer la continuidad de la vegetación y reducir el efecto de fragmentación generado por la infraestructura lineal, ejecutando para ello la **Medida M06** acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, el **M08** acciones de rescate y reubicación de flora silvestre, y la **M09** modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre. De manera complementaria, el Protocolo de Restauración, conforme al Programa Nacional de Restauración Ambiental, y el Protocolo de Conservación de Suelos contribuirán a recuperar superficies intervenidas y reducir procesos de erosión, compactación y pérdida de capacidad de infiltración. Por otra parte, el diseño y ejecución de las obras procurará conservar los patrones naturales de escurrimiento e infiltración y evitará afectaciones innecesarias sobre cauces, cuerpos de agua y vegetación asociada, en congruencia con las funciones de infiltración y recarga hídrica reconocidas por el POTmet para las áreas de Conservación en el AMG. De manera particular, el Proyecto atenderá lo establecido en el criterio de regulación territorial 1.2 del POTmet, aplicable a las áreas de Conservación, el cual señala que la infraestructura localizada sobre corredores ecológicos de la red de conectividad ecológica del AMG deberá procurar mantener y/o mejorar su funcionamiento para garantizar la conectividad y el desplazamiento de especies, integrando la Medida **M10** acciones de manejo de la fauna listada en las normas ambientales dentro de la AMG y la **M11** acciones de monitoreo de la calidad del aire. Por ultimo; para garantizar la retribución ecológica e hídrica de la región, el proyecto contempla un bloque de medidas compensatorias focalizadas que incluyen la **Medida C01** programa de compensación zona el Bajío, la C02 programa de compensación agrícolas, rurales y forestales, la **C03** programa de compensación en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), la **C04** cortina vegetal sobre el derecho de vía, la **C05** acciones de protección y conservación de suelos, la C06 acciones de manejo de bosque y arbolado urbano en la AMG, la **C07** acciones de manejo de bosque y arbolado urbano en la zona del Bajío, la **C08** acciones de compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde, así como el programa de compensación por CUSTF según corresponda legalmente.
Área No Urbanizable – Aprovechamiento rústico	La función territorial de estas áreas se relaciona principalmente con actividades de carácter rural y el aprovechamiento sustentable del territorio. Debido a que el Proyecto corresponde a infraestructura ferroviaria lineal, su establecimiento no tiene como finalidad promover procesos de urbanización ni modificar los usos productivos de los terrenos ubicados fuera de la franja requerida para las obras. La ocupación deberá limitarse a las superficies estrictamente necesarias para la infraestructura ferroviaria, procurando reducir la fragmentación de predios y mantener, en la medida técnicamente posible, la continuidad de caminos, accesos y actividades productivas existentes. Asimismo, se implementarán las medidas previstas para la conservación de suelos, manejo de residuos, protección de flora y fauna y restauración de las superficies afectadas temporalmente.
Área No Urbanizable – Protección	La ejecución del proyecto atendrá particularmente los valores ambientales que justifican esta clasificación. Las obras se restringirán a las superficies estrictamente necesarias, evitando afectaciones adicionales sobre vegetación, hábitat y demás elementos naturales presentes. Se implementarán las siguientes medidas: **Medida M06** acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, **M08** acciones de rescate y reubicación de flora silvestre, la **Medida C01** programa de compensación zona el Bajío, la **C02** programa de

CONSULTA PÚBLICA



USO/DESTINO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	compensación agrícolas, rurales y forestales, la **C03** programa de compensación en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), la **C04** cortina vegetal sobre el derecho de vía, la **C05** acciones de protección y conservación de suelos, la **C06** acciones de manejo de bosque y arbolado urbano en la AMG, la **C07** acciones de manejo de bosque y arbolado urbano en la zona del Bajío, la **C08** acciones de compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde. De esta manera se buscará reducir la pérdida y fragmentación del hábitat y conservar, en la medida técnicamente posible, las funciones ecológicas de las superficies atravesadas.
Área No Urbanizable – Protección a cauce y cuerpo de agua	Para el desarrollo del proyecto se procurará preservar la funcionalidad hidrológica de los cauces y cuerpos de agua atravesados o próximos al trazo. El diseño de las obras mantendrá, en la medida técnicamente posible, la continuidad de los escurrimientos y evitará modificaciones innecesarias a los patrones naturales de flujo, así como prevenir la disposición de residuos, materiales o sustancias contaminantes en los cauces y sus márgenes. Durante la construcción se aplicará particularmente el Protocolo de Conservación de Suelos contribuirán a recuperar superficies intervenidas y reducir procesos de erosión, compactación y pérdida de capacidad de infiltración, las medidas como: **P06** manejo integral de residuos generados en la obra y **M08** acciones de rescate y reubicación de flora silvestre. Asimismo, las obras que incidan directamente en cauces o zonas sujetas a regulación contarán con las autorizaciones que resulten aplicables.
Área Urbanizable – Para asentamiento humano	El Proyecto atraviesa superficies clasificadas como Área Urbanizable – Para asentamiento humano, es decir, áreas consideradas dentro de la estructura territorial para atender futuros procesos de crecimiento urbano. La infraestructura ferroviaria no tiene por objeto desarrollar asentamientos humanos ni modificar directamente el destino previsto para los terrenos colindantes; sin embargo, al constituir una infraestructura lineal permanente, se integrarán a la estructura territorial prevista para estas zonas. En consecuencia, su diseño considerará la continuidad de vialidades, accesos, infraestructura y servicios y, en la medida técnicamente posible, evitará la generación de barreras que dificulten la integración futura de las áreas urbanizables con el resto de la estructura urbana.
Área Urbanizable – Área urbana en consolidación	En estas áreas existe un proceso de incorporación y consolidación de la estructura urbana. La construcción de la vía ferroviaria se integrará a dicha estructura considerando su interacción con vialidades, infraestructura, servicios, asentamientos y actividades existentes o previstas. El Proyecto no tiene como finalidad inducir nuevos procesos de urbanización, sino establecer infraestructura de transporte; por ello, procurará mantener la conectividad territorial y la funcionalidad de las áreas ubicadas a ambos lados del corredor, así como prever las obras de cruce y medidas de seguridad que resulten necesarias.
Área Urbanizable – Área urbanizable para actividades de alto impacto	El Proyecto también incide sobre superficies clasificadas como Área Urbanizable – Área urbanizable para actividades de alto impacto, destinadas por la planeación metropolitana a actividades que, por sus características, requieren condiciones territoriales particulares. La infraestructura ferroviaria constituye un elemento estratégico de movilidad y transporte que se integrará funcionalmente con las actividades previstas para estas zonas, sin que ello implique modificar por sí misma los usos y destinos específicos que posteriormente determine la planeación municipal. Durante su diseño y construcción se consideran las interacciones con vialidades, instalaciones, infraestructura y actividades existentes o futuras, manteniendo las condiciones de seguridad y los derechos de vía correspondientes.

CONSULTA PÚBLICA



De acuerdo con el análisis cartográfico realizado, el Proyecto presenta incidencia sobre superficies correspondientes a las tres categorías generales de la zonificación primaria del POTmet: **Área Urbanizada**, **Área Urbanizable** y **Área No Urbanizable**, así como sobre diversas subclasificaciones asociadas a cada una de ellas. Esta condición responde al carácter lineal y extensión territorial de la infraestructura ferroviaria, cuyo trazo atraviesa sectores con diferentes características urbanas, productivas y ambientales dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

En este sentido, la incidencia cartográfica sobre las distintas categorías no implica por sí misma la modificación de los usos y destinos asignados a los terrenos colindantes. La ejecución del Proyecto atenderá las condiciones particulares de cada superficie atravesada, procurando su adecuada integración en las áreas urbanizadas y urbanizables y reforzando las medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación en las áreas no urbanizables, particularmente aquellas destinadas a Protección, Protección a cauces y cuerpos de agua y Conservación.

De esta manera, la vinculación del Proyecto con la zonificación primaria se aborda considerando tanto su función como infraestructura lineal de transporte de alcance regional y metropolitano, como la necesidad de preservar las funciones urbanas, productivas y ambientales reconocidas por el POTmet para cada una de las superficies sobre las cuales presenta incidencia.

CONSULTA PÚBLICA





II.5 DECRETO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP) O ÁREA DESTINADA VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN (ADVC), ASÍ COMO OTRAS ZONAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL

El análisis y la comprensión del territorio bajo una perspectiva de sustentabilidad exigen reconocer la riqueza biológica y la vulnerabilidad de los ecosistemas presentes. La región de estudio no es ajena a la dinámica nacional de conservación, por lo que resulta indispensable evaluar su articulación con los instrumentos de política ambiental y los decretos de protección federal, estatal o municipal.

Para sustentar este diagnóstico, el presente apartado se fundamenta en la información oficial y cartográfica provista por las principales instancias rectoras en materia ambiental en México:

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

A partir de estas fuentes oficiales, este apartado integra una visión integral que identifica las figuras de protección vigentes, los corredores biológicos, los servicios ambientales estratégicos que aporta la zona y los retos de conservación frente a las presiones antrópicas, estableciendo así las bases ecológicas para la toma de decisiones y la gestión territorial responsable.

II.5.1 *Área Natural Protegida (ANP)*

II.5.1.1 *Áreas Naturales Protegidas de caracter federal*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA, 2026).
Vector de origen: ANP Federal. CONANP.

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 3, fracción II, y retomando los criterios técnicos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), las Áreas Naturales Protegidas se definen como aquellas zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

De acuerdo con esta información, el Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** dentro de ningún ANP Federal, siendo la más cercana el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera a una distancia mayor de 10,000 m.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla II.157. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Áreas Naturales Protegidas Federales	Área de Proyecto (AP)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Área de Protección de Recursos Naturales C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	-----	>10,000
Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera	-----	>10,000

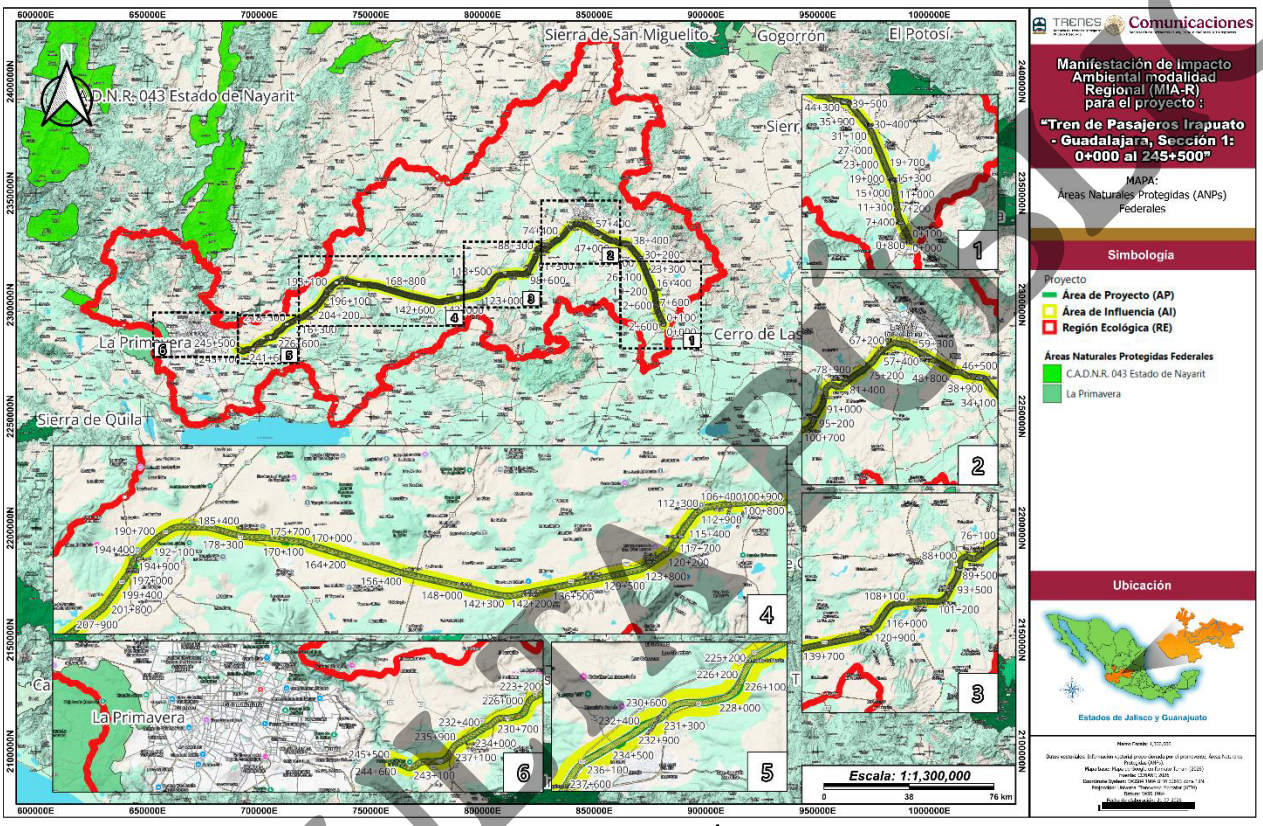


Figura II.25. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



II.5.1.2 *Área Naturales Protegidas de carácter estatal y municipal*

Análisis de incidencia: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2020).
Vector de origen: Áreas Naturales Protegidas, Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México 2020 [Conjunto de datos vectoriales]. Ciudad de México, México. Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo [Imeplan]. (2016). ANP Barrancas de los ríos Santiago y Verde [Conjunto de datos vectoriales].

De acuerdo con esta información de las áreas ANP Estatales, el Área del Proyecto (AP), sólo se identificó la incidencia dentro de 1 ANP Estatal, siendo esta la Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde en una superficie de 12,716 m².

Tabla **II.**158. **Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Áreas Naturales Protegidas Estatales	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Área de Uso Sustentable de Cerro Arandas	-----	998	52,534,427	-----
Restauración Ecológica Cerro del Cubilete	-----	6,289	36,085,667	-----
Reserva de Conservación Cuenca de la Esperanza	-----	>10,000	16,825,511	-----
Área de Conservación Ecológica Cuenca de la Soledad	-----	>10,000	27,820,173	------
Área de Uso Sustentable Las Musas	-----	>10,000	31,949,852	------
Parque Ecológico Parque Metropolitano	-----	8,314	3,402,930	------
Área de Restauración Ecológica Presa de Silva y Áreas Aledañas	-----	71	87,902,066	------
Área de Uso Sustentable Presa La Purísima y su Zona de Influencia	-----	9,940	27,218,598	------
Área de Uso Sustentable del Río Tamascatío	-----	>10,000	20,622	------
Área de Uso Sustentable Sierra Los Lobos	-----	>10,000	733,805,565	------
Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde	12,716	-----	75,246,340	------

CONSULTA PÚBLICA



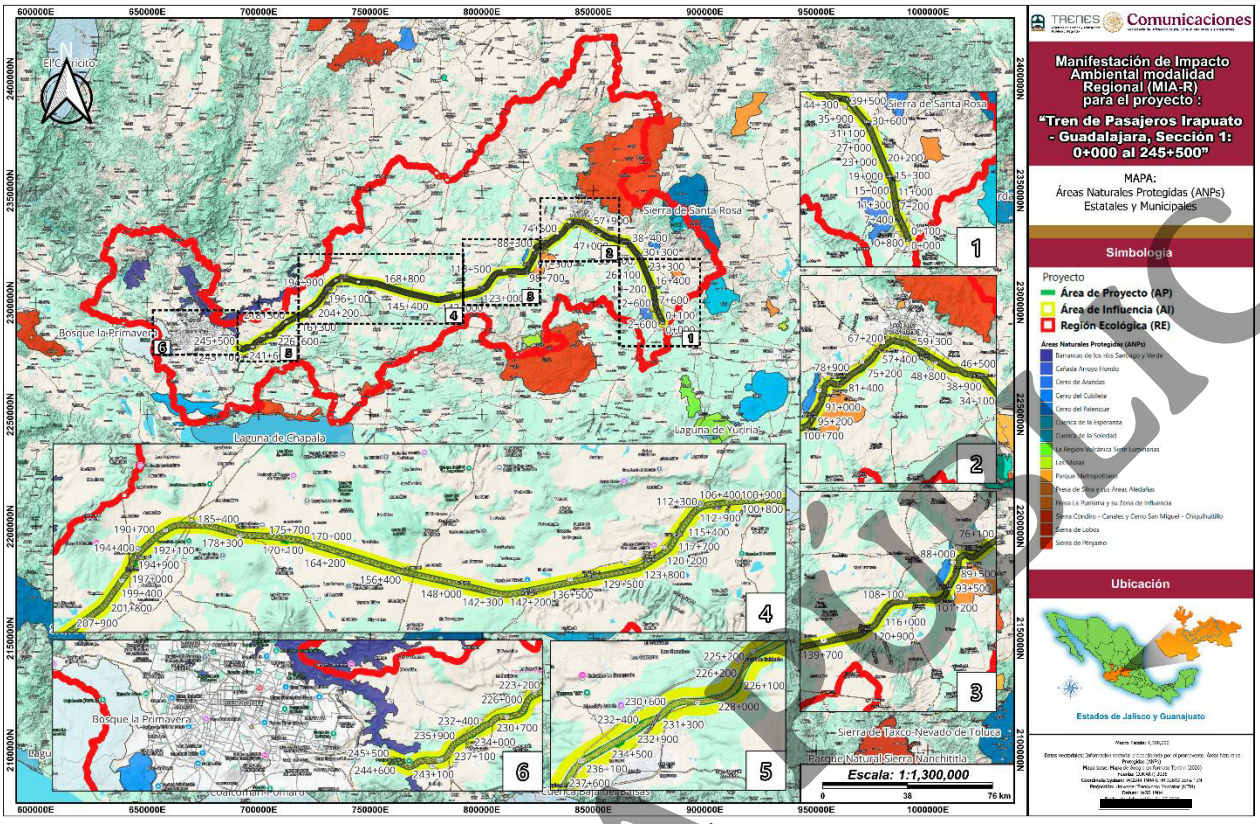


Figura II.26. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Estatales y Municipales. Elaboración propia.**

Por ello, a continuación, se presenta la vinculación con el ANP Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde:

ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTATAL BAJO LA CATEGORÍA DE "FORMACIÓN NATURAL DE INTERÉS ESTATAL BARRANCAS DE LOS RÍOS SANTIAGO Y VERDE

Fecha de decreto: 20 de diciembre de 2016.
Enlace: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/seccion/periodico/8568
Fecha de fe de erratas: 14 de enero de 2017.
Enlace: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/seccion/periodico/8515

De acuerdo con la publicación del 20 de diciembre de 2026 dentro del Periódico Oficial del Estado de Jalisco, se decreta el ANP Estatal "Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", y se señala lo siguiente:

ARTÍCULO PRIMERO. Se emite Decreto de Declaratoria de Área Natural Protegida de Competencia Estatal relativa a la Formación Natural de Interés Estatal "Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", con una superficie de 21,383.08 hectáreas, ubicado en los Municipios de Acatic, Cuquio, El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, Tepatitlán de Morelos, Tonalá y Zapotlanejo, del Estado de Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA



ARTÍCULO SEGUNDO. La Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, se establece en efecto de contribuir a la conservación y manejo del paisaje, del ecosistema y la biodiversidad, al uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como para preservar lugares u objetos naturales únicos o excepcionales, de interés estético, valor histórico o cultural, o que se identifiquen como símbolos de identidad estatal.

ARTÍCULO TERCERO. La Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, se incorpora al régimen de protección previsto en la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco por contener uno o varios elementos naturales de importancia estatal, consistentes en lugares u objetos naturales que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o cultural, o sean símbolos de identidad estatal, se incorporan a un régimen de protección.

ARTÍCULO CUARTO. La superficie total del polígono de la Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, corresponde a 21,383.08 hectáreas (veintiún mil cuatrocientas veintidós 98/100 hectáreas).

> Y en su particular, la fe de erratas publicada el 14 de enero de 2017, se corrige conforme a lo siguiente: ...**ARTÍCULO CUARTO...**corresponde a 21,383.08 hectáreas (veintiún mil trescientas veintidós 98/100 hectáreas).

ARTÍCULO QUNTO. El Programa de Aprovechamiento del Área Natural Protegida "Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", será el previsto en el Estudio Técnico Justificativo para la Declaratoria de esta área natural protegida, mismo que se anexa como parte integral del presente decreto.

ARTÍCULO SÉPTIMO. Para los efectos del presente Decreto, en los términos de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y de las demás normas oficiales mexicanas, las actividades permitidas en la misma se ejecutarán a lo previsto en este Decreto y a su Programa de Aprovechamiento de establecen los criterios de zonificación y política aplicada. El Programa de Aprovechamiento es el instrumento rector de planeación y gestión del territorio, en donde se establecen las estrategias y acciones de protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo.

ARTÍCULO SÉPTIMO. Para los efectos del presente Decreto, en los términos de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y de las demás normas oficiales mexicanas, las actividades permitidas en la misma se ejecutarán a lo previsto en este Decreto y a su Programa de Aprovechamiento de establecen los criterios de zonificación y política aplicada. El Programa de Aprovechamiento es el instrumento rector de planeación y gestión del territorio, en donde se establecen las estrategias y acciones de protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo.

CONSULTA PÚBLICA





ARTÍCULO OCTAVO. Para el cumplimiento de los objetivos previstos de la "Formación de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", este Decreto y su Programa de Aprovechamiento, en los términos de la legislación aplicable de manera supletoria, definen y establecen la zonificación de manejo, de la cual identifica y delimita las porciones del territorio que conforman el área, acorde a sus elementos biológicos, físicos y sociales:

El Área Natural Protegida "Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", está conformada por cuatro zonas, que tendrán como principal objetivo la conservación y manejo del ecosistema y la biodiversidad a mediano y largo plazo, las cuales se describen a continuación:

- **Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales:** Aquellas superficies en las que los recursos naturales pueden ser usados y aprovechados, bajo esquemas y actividades sustentables; tales como agrícola, pecuario, turismo rural y de naturaleza, de infraestructura y equipamiento para el uso público y desarrollo social, entre otros.

- **Zona de Aprovechamiento Especial:** Aquellas superficies generalmente de extensión reducida, que son esenciales para el desarrollo social, y que deben ser explotadas o aprovechadas, minimizando los impactos ambientales al ecosistema y sus elementos, modificación del paisaje; tales como asentamientos humanos previos a la declaratorio o considerados en el plan de desarrollo urbano municipal, actividades de recreación y esparcimiento, caminos rurales, infraestructura y equipamiento, entre otros.

- **Zona de Recuperación:** Aquellas superficies en donde los recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados, y que serán objeto de programas de restauración y rehabilitación.

- **Zona de Uso Tradicional:** Son aquellas superficies en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes de la zona de influencia del área natural protegida.

VINCULACIÓN:

El análisis de viabilidad y compatibilidad del Proyecto dentro del ANP **Formación Natural Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde** incide dentro 2 **de estas zonificaciones:**

- **Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales** en 6,065 m^2 (0.6065 ha), lo que corresponde a un 47.70 % de la incidencia dentro del ANP.
- **Zona de Recuperación** en 6,651 m^2 (0.6651 ha), lo que corresponde a un 52.30 % dentro del ANP.

CONSULTA PÚBLICA



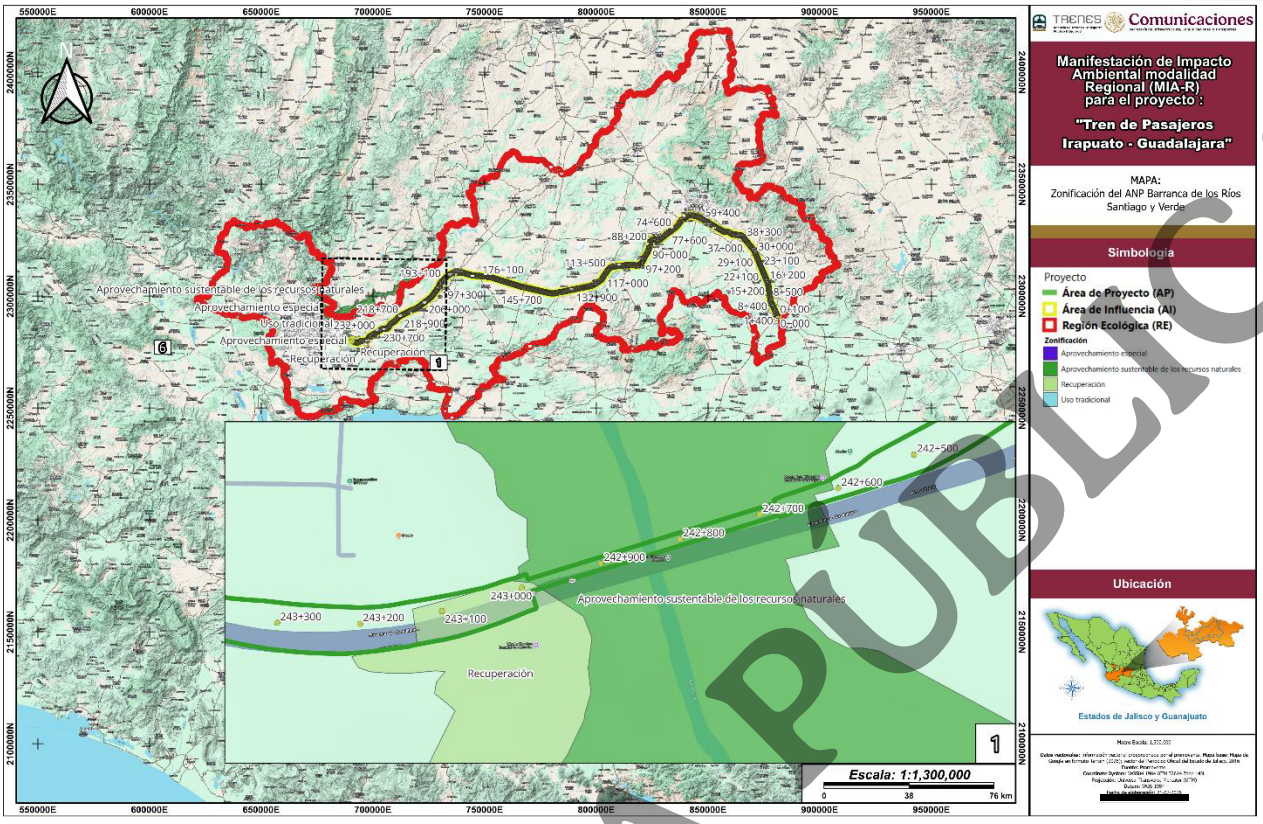


Figura II.27. **Incidencia sobre las zonas del ANP Formación Natural Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde.**

Estas incidencias apenas alcanzan un 0.006 % respecto a la superficie dentro de esta Área Natural Protegida (ANP), por lo que, para garantizar el cumplimiento normativo, se establecen criterios de exclusión operativa y protección ambiental. En cuanto a la infraestructura confinada, se descarta la apertura de brechas o carreteras convencionales, limitando la intervención a infraestructura ferroviaria confinada en polígonos agropecuarios y alejándose de las zonas núcleo de protección estricta; asimismo, **no se contempla la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) permanentes.** Respecto a los recursos biológicos y la conectividad, el área de influencia directa presenta vegetación secundaria o pastizales inducidos, evitando la fragmentación de relictos de Bosque Tropical Caducifolio y de Galería (que albergan especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010). El sistema confinado reduce drásticamente el riesgo de atropellamiento de fauna, el cual se complementa con pasos de fauna especializados y obras de drenaje transversal. Sobre suelos de tipo Feozem o Vertisol, se implementará un manejo pluvial riguroso para prevenir procesos erosivos y proteger las subcuencas tributarias del Río Santiago.

Para garantizar la legalidad de la infraestructura, la obra se alinea con las disposiciones del **Programa de Manejo**, el cual estipula a la letra en su Artículo Noveno:

ARTÍCULO NOVENO: Dentro de la "Formación Natural de Interés Estatal Barrancas de los Ríos Santiago y Verde", podrán realizarse las siguientes actividades:
I. Preservación de los ecosistemas y sus elementos;

CONSULTA PÚBLICA



II. Monitoreo ambiental;
III. Investigación;
IV. Educación ambiental;
V. Recreación y deporte
VI. Restauración de ecosistemas y reintroducción de especies;
VII. Construcción y mantenimiento de infraestructura pública y privada;
VIII. Las demás previstas en el Programa de Aprovechamiento, las Leyes General y Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su reglamentación vigente, y de acuerdo con las zonas en donde se pretendan realizar.

A partir de este marco, la obra se vincula normativamente de la siguiente manera: la *Fracción VII* avala la construcción y mantenimiento de infraestructura pública y estratégica en zonas de menor sensibilidad ecológica; las *Fracciones I y VI* se cumplen mediante acciones de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental para salvaguardar los relictos forestales colindantes; y las *Fracciones II y III* se atienden mediante protocolos de seguimiento continuo sobre los recursos biológicos, hídricos y edafológicos durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento.

El Proyecto es **viable de manera condicionada.** La viabilidad técnica y legal está plenamente sustentada porque el trazo se confina en una una superficie con historial agropecuario, y encuadrando de manera directa en los supuestos del Artículo Noveno (Fracciones I, II, III, VI y VII). Su ejecución estará sujeta al cumplimiento estricto de las siguientes condicionantes:

- **Apego a resolutivos:** Cumplimiento puntual de las autorizaciones y resolutivos de impacto ambiental emitidos por la autoridad competente, contando con la opinión previa de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET).

- **Operación confinada sin caminos auxiliares:** Restricción estricta de no abrir caminos carreteros o brechas vehiculares adicionales que vulneren las laderas o fragmenten el Bosque Tropical Caducifolio.

- **Mitigación ecológica:** Implementación obligatoria y supervisada de pasos de fauna especializados, obras de drenaje transversal y un programa riguroso de manejo pluvial y conservación de suelos (Feozem y Vertisol) para proteger las subcuencas tributarias del Río Santiago.

Como parte del cumplimiento a esta al marco normativo del Decreto y del Programa de Manejo, conforme se ha expuesto a lo largo del Capítulo, se implementarán una serie de medidas de prevención, mitigación y compensación que tendrán la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico dentro de la Región Ecológica ni dentro del Área Natural Protegida en comento, las cuales se enlistan a continuación:

CONSULTA PÚBLICA





Tabla II.159. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.

CLAVE	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	SECCIÓN I KM 0+000- KM 69+400	SECCIÓN II KM 69+400 - KM 188+600	SECCIÓN III KM 188+600- KM 236+400	SECCIÓN IV KM 236+400- KM 245+500
P01	Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada	√	√	√	√
P02	Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte	√	√	√	√
P03	Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo	√	√	√	√
P04	Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra	√	√	√	√
P05	Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)	√	√	√	√
P06	Manejo integral de residuos generados en la obra	√	√	√	√
P07	Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo	√	√	√	√
P08	Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal	√	√	√	√
P09	Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles	√	√	√	√
P10	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria	√	√	√	√
P11	Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes	√	√	√	√
M01	Retiro de material excedente y reconformación topográfica	√	√	√	√
M02	Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal	√	√	√	√
M03	Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales	√	√	√	√
M04	Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo	√	√	√	√
M05	Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales	√	√	√	√
M06	Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre	√	√	√	√
M07	Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal	√	√	√	√
M08	Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre	√	√	√	√
M09	Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre	√	√	√	√
M10	Acciones de monitoreo de la calidad del Aire	√	√	√	√
M11	Caracterización de suelo en los cadenamientos km 74+500 y km 76+500 del proyecto para identificación de contaminación de cromo hexavalente por pasivo ambiental de Química Central de México.		√		
C01	Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental Zona el Bajío	√			
C02	Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental en zonas agrícolas, rurales y forestales		√	√	
C03	Cortina vegetal sobre el derecho de vía	√	√	√	
C04	Acciones de Protección y Conservación de Suelos	√	√	√	√
C05	Acciones de Manejo de Bosque y Arbolado Urbano en la zona del Bajío	√			
C06	Acciones de Compensación al ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde				√

CONSULTA PÚBLICA



Asimismo, se especifica que la medida de compensación *C06. Acciones de Compensación al ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde* presenta actividades específicas para coadyuvar a la conservación conforme a las conciliaciones que se realicen ante la secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) del Estado de Jalisco.

Por ello, se concluye que refiriendo a todo el marco técnico-jurídico ambiental expuesto dentro de esta sección, el proyecto es viable dentro de esta ANP siempre y cuando se implementen las medidas de prevención, mitigación, y sobre todo, de compensación, alineadas con el objetivo de preservación de esta ANP en comento, en donde **se cumplirá el principio no regresión y progresividad ambiental ni un desequilibrio ecológico.**

II.5.2 *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026). Vector de origen: Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 2015 (AICA).

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) representan sitios prioritarios a nivel nacional e internacional designados para proteger la biodiversidad avifaunística, considerando criterios como la presencia de especies endémicas, con distribución restringida o bajo alguna categoría de riesgo.

A partir del análisis espacial derivado del mapa se observa la distribución de las siguientes AICAs:

- 248 - **Bosque La Primavera:** Se localiza en el extremo poniente del trazo, en las inmediaciones del área metropolitana de Guadalajara y Zapopan.
- 58 - **Lago de Chapala:** Se ubica al sur del trazo del Proyecto, constituyendo el cuerpo de agua y humedal más relevante del occidente del país para la avifauna acuática y migratoria.
- 27 - **Sierra de Santa Rosa:** Se sitúa hacia la porción noreste del estado de Guanajuato, alejada del área del Proyecto.

El Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** dentro de AICAs, siendo la más cercana la AICA-248. Bosque La Primavera a más de 10,000 de distancia, y tanto la AICA-27. Sierra de Santa Rosa como la 58. Laguna de Chapala a más de 10,000 m de distancia.

Tabla **II.**160. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)	Área de Proyecto (AP)	
	Incidencia (m^2)	Cercanía (m)
27. Sierra de Santa Rosa	-----	>10,000
58. Laguna de Chapala	-----	>10,000
248. Bosque La Primavera		>10,000

CONSULTA PÚBLICA

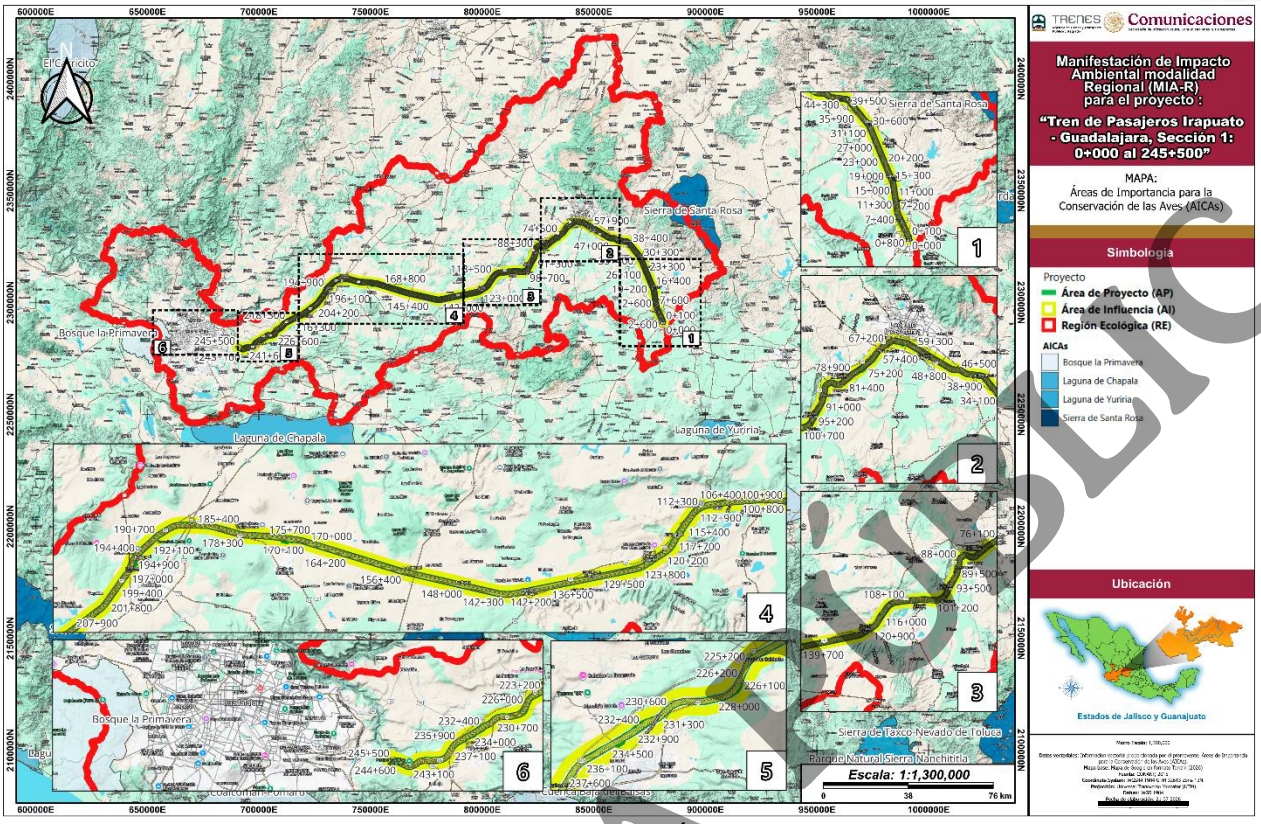


Figura II.28. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs). Elaboración propia.**

II.5.3 *Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs)*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) – CONANP/SIGEIA.

Las ADVC son predios que sus propios propietarios deciden proteger de forma voluntaria, convirtiéndose en una herramienta clave de participación social y ambiental. Para saber si el trayecto del Proyecto pasa por alguna de estas zonas, se realizó un análisis cartográfico utilizando los datos espaciales del SIGEIA y los registros oficiales de la CONANP. Este cruce de información permite identificar con precisión si el trazo interfiere, cruza o se encuentra cerca de estos espacios de conservación a lo largo de su recorrido.

Por ello, NO SE INCIDE sobre ADVCs, estando a una distancia mayor a 10,000 m conforme al análisis del SIGEIA.

Tabla **II.**161. **Incidencias y cercanías del AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs)	Área de Proyecto (AP)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
567. El Mexicano	-----	>10,000
446. Potrero El Muerto	-----	>10,000

CONSULTA PÚBLICA

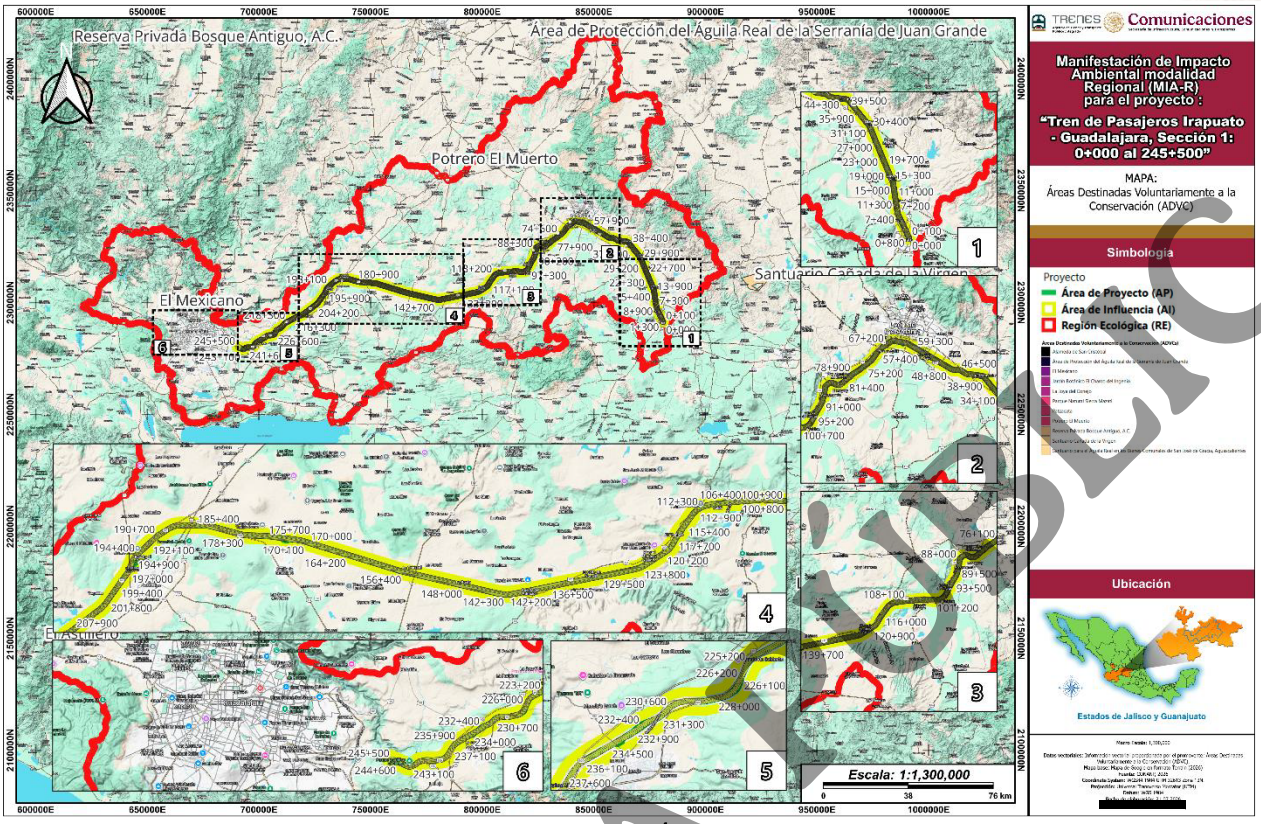


Figura II.29. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs). Elaboración propia.**

De acuerdo con figura anterior, el análisis de incidencias y cercanías demuestra que el trazo del Proyecto no cruza ni invade ninguna superficie bajo la categoría de ADVC. El trazo ferroviario se ha planeado optimizando el aprovechamiento de los DDV preexistentes y los corredores antropizados, lo que evita de manera efectiva la fragmentación o el cambio de uso de suelo en predios de vocación voluntaria para la conservación ecológica. Las ADVCs identificadas en el entorno regional guardan una distancia segura respecto al eje de la vía férrea, por lo que el desarrollo, construcción y posterior operación del Proyecto no representan una amenaza directa para los objetivos de conservación comunitaria o privada establecidos en estas áreas protegidas.

II.5.4 *Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), 2020.

La Región Ecológica (RE) incide sobre 24 Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) conforme a lo siguiente: en la Sierra Alta en 305,825 m², La Boquilla en 38,343,251 m², Las Rosillas en 6,320,000 m², El Tepozán en 124,340 m², San Marcos en 789,070 m², Hacienda La Paz en 102,632 m², Puerto La Plata en 6,413,235 m², Rancho Bernalejo, S.P.R. de R.L. en 749,598 m², Las Agujas en 1,422,970 m², Rancho La Ceja en 233,631 m², San Ignacio del Puertrecito en

CONSULTA PÚBLICA



3,287,388 m², Las Moras y Las Huertas en 347,314 m², Patolajara Hunting Expedition en 4,681,450 m², Valle de Guadalupe en 5,486,665 m², Potrerillos en 18,781,529 m², El Potrero de Carranza en 1,419,872 m², Los Coyotes en 5,149,887 m², Laguna Patos Acatic en 799,225 m², El Banco en 871,102 m², Los Lobos en 2,119,281 m², Los Aviones en 2,296,123 m², Uma Ejido Zapotlanejo en 14,090,733 m², La Alteña en 10,621,846 m², y por último, dentro de Golondrinas en 4,999,152 m². En tanto, estas UMAs se encuentran a una distancia mayor a 10,000 m del Área del Proyecto (AP)

Tabla II.162. **Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Sierra Alta	-----	>10,000	305,825	-----
La Boquilla	-----	>10,000	38,343,251	-----
Las Rosillas	-----	>10,000	6,320,000	-----
El Tepozán	-----	>10,000	124,340	-----
San Marcos	-----	>10,000	789,070	-----
Hacienda La Paz	-----	>10,000	102,632	-----
Puerto de Plata	-----	>10,000	6,413,235	-----
Rancho Bernalejo, S.P. R. de R. L.	-----	>10,000	749,598	-----
Las Agujas	-----	>10,000	1,422,970	-----
Rancho La Ceja	-----	>10,000	233,631	-----
San Ignacio del Puertrcito	-----	>10,000	3,287,388	-----
Las Moras y Las Huertas	-----	>10,000	347,314	-----
Patolajara Hunting Expedition	-----	>10,000	4,681,450	-----
Valle de Guadalupe	-----	>10,000	5,486,665	-----
Potrerillos	-----	>10,000	18,781,529	-----
El Potrero de Carranza	-----	>10,000	1,419,872	-----
Los Coyotes	-----	>10,000	5,149,887	-----
Laguna Patos Acatic	-----	>10,000	799,225	-----
El Banco	-----	>10,000	871,102	-----
Los Lobos	-----	>10,000	2,119,281	-----
Los Aviones	-----	>10,000	2,296,123	-----
Uma Ejido Zapotlanejo	-----	>10,000	14,090,733	-----
La Alteña	-----	>10,000	10,621,846	-----
Golondrinas	-----	>10,000	4,999,152	-----

CONSULTA PÚBLICA



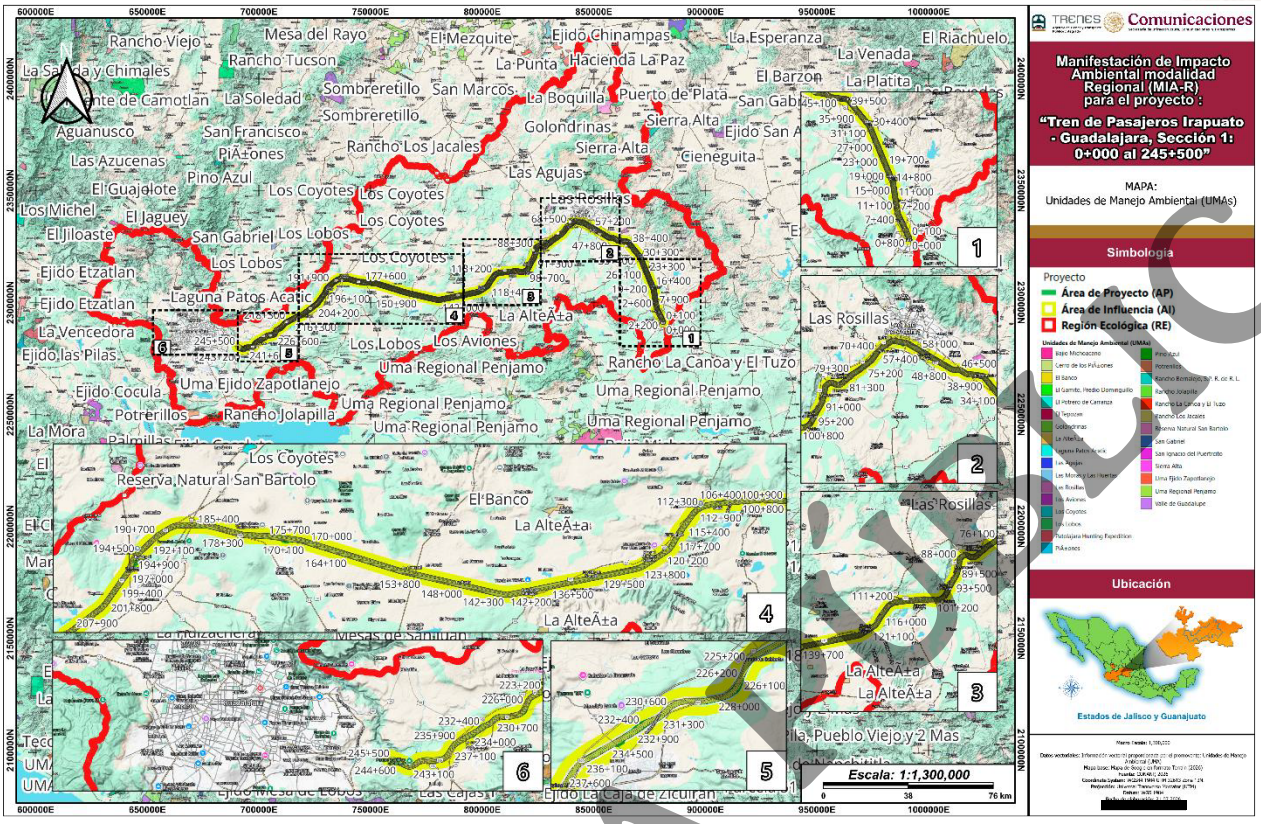


Figura II.30.Incidencia y cercanía de las Unidades de Manejo Ambiental (UMA) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

II.5.5 *Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026). Vector de origen: Regiones Hidrológicas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

Las RHP son espacios geográficos que destacan por su riqueza biológica, sus procesos ecológicos y la complejidad de sus cuencas, siendo fundamentales para la conservación de la biodiversidad acuática y los servicios ecosistémicos asociados al ciclo del agua.

A partir de la interpretación espacial del mapa del Proyecto, se identifican las siguientes zonas en la región:

- 58 - **Chapala - Cajititlán - Sayula:** Polígono ubicado hacia el suroeste del trazo principal, que abarca sistemas lacustres y cuencas endorreicas de gran importancia para el occidente del país.
- 59 - **Presas Río Turbio:** Región situada al sur de la zona de León e Irapuato, cercana al corredor de la infraestructura proyectada.

CONSULTA PÚBLICA

Respecto al análisis de cercanías, el Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** dentro de RHPs, siendo la más cercana la denominada RHP-59. Presas Río Turbio a una distancia de 3,411 m.

Tabla II.163. **Incidencias y cercanías del AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)	Área de Proyecto (AP)	
	Incidencia (m^2)	Cercanía (m)
RHP-57. Cabecera del Río La Laja	-----	>10,000
RHP-58. Chapala-Cajititlán-Sayula	-----	>10,000
RHP-75. Confluencia de las Huastecas	-----	>10,000
RHP-59. Presas Río Turbio	-----	3,411

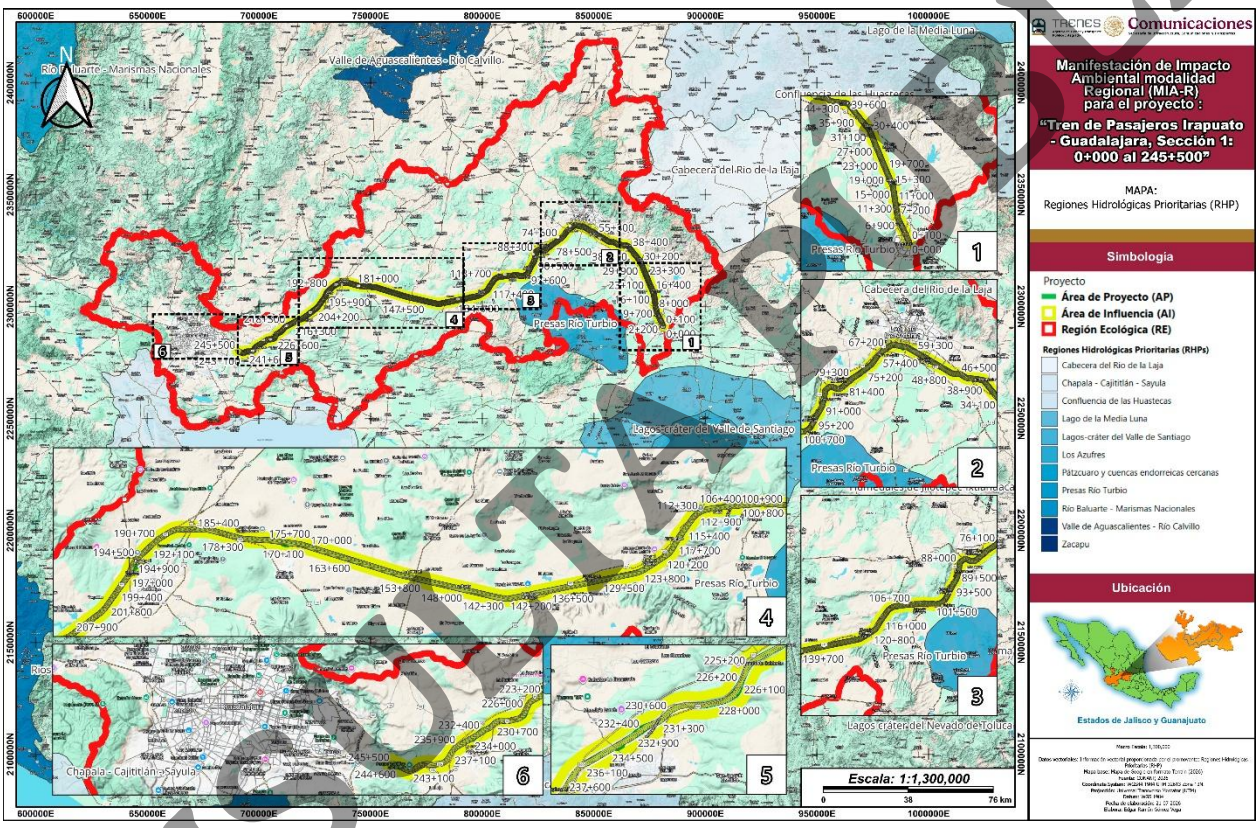


Figura II.31. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP).**

El trazo del Proyecto no incide en ninguna RHP. Se desarrolla de manera paralela a los ejes viales y de transporte existentes, evitando la intervención directa sobre los polígonos prioritarios mencionados, lo que resguarda la integridad de las cuencas y los cuerpos hídricos de la región.

CONSULTA PÚBLICA

II.5.6 *Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA, 2026). Vector de origen: Regiones Terrestres Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

Las RTP representan áreas geográficas caracterizadas por su alta riqueza biológica, nivel de endemismo y diversidad de ecosistemas terrestres, las cuales son designadas por la CONABIO para orientar las acciones de conservación y el ordenamiento territorial. A partir de la interpretación espacial del mapa del Proyecto, se identifican los siguientes elementos en la región de estudio:

- **113 - Cerro Viejo - Sierras de Chapala:** Polígono ubicado hacia el suroeste del trazo del Proyecto, que comprende formaciones montañosas y de ladera de gran importancia para la conectividad biológica regional.
- **99 - Sierras Santa Bárbara - Santa Rosa:** Región situada hacia la porción noreste del estado de Guanajuato, distante del trazo del Proyecto.

Respecto al análisis de cercanías, el Área del Proyecto (AP), la RTP más cercana corresponde a la RTP-99. Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa a una distancia de 6,877 m.

Tabla **II.**164. **Incidencias y cercanías del AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Regiones Terrestre Prioritarias (RTPs)	Área de Proyecto (AP)	
	Incidencia	Cercanía (m)
RTP-99. Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa	-----	6,877
RTP-113. Cerro Viejo-Sierras de Chapala	-----	>10,000

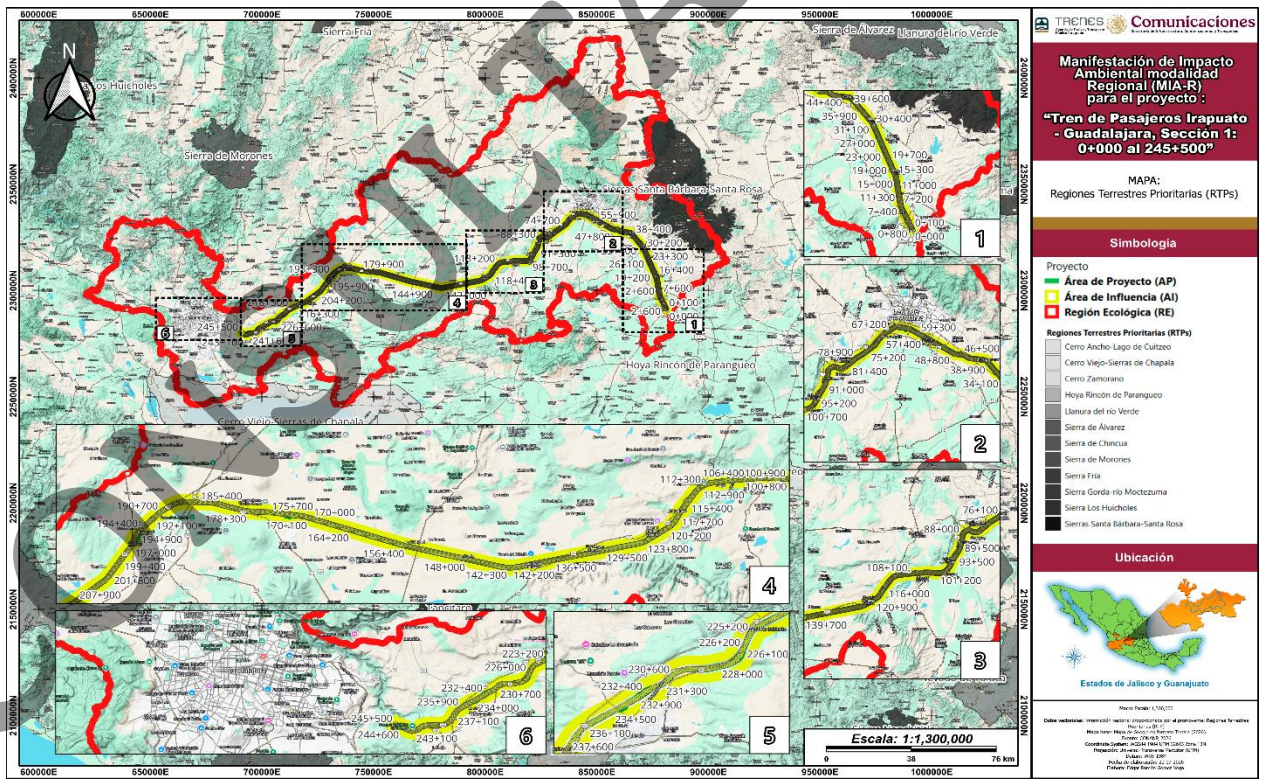


Figura II.32. **Incidencias y cercanías del AP respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP). Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



El Proyecto ferroviario **no incide en ninguna** de estas áreas ya que se desarrolla paralelamente a la infraestructura existente, sin interceptar o comprometer de manera directa los polígonos de las RTP delimitadas en el ámbito regional.

II.5.7 *Sitios RAMSAR*

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Sitios RAMSAR. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Los Sitios RAMSAR son humedales de importancia internacional designados bajo la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, con el objetivo de promover su conservación y uso racional.

A partir de la interpretación espacial del mapa del Proyecto, se identifican los siguientes elementos:

- 66 - **Lago de Chapala:** Importante cuerpo lacustre situado hacia el suroeste del trazo ferroviario, reconocido por su relevancia internacional para la avifauna y el equilibrio hidrológico.
- 50 - **Área Natural Protegida Estatal Presa de Silva y Zonas Aledañas:** Humedal localizado de manera cercana al corredor central del Proyecto, entre los municipios de San Francisco del Rincón y León.

Respecto al análisis de cercanías, el Área del Proyecto (AP), ambos sitios RAMSAR se ubican a una distancia mayor a los 10,000 m conforme al análisis SIGEIA.

Tabla **II.**165. **Incidencias y cercanías del AP respecto a Sitios Ramsar conforme al análisis SIGEIA (2026).**

Sitios Ramsar	Área de Proyecto (AP)	
	Incidencia (m^2)	Cercanía (m)
50-Área Natural Protegida Estatal Presa de Silva y Zonas Aledañas	-----	>10,000
66-Lago de Chapala	-----	>10,000

CONSULTA PÚBLICA



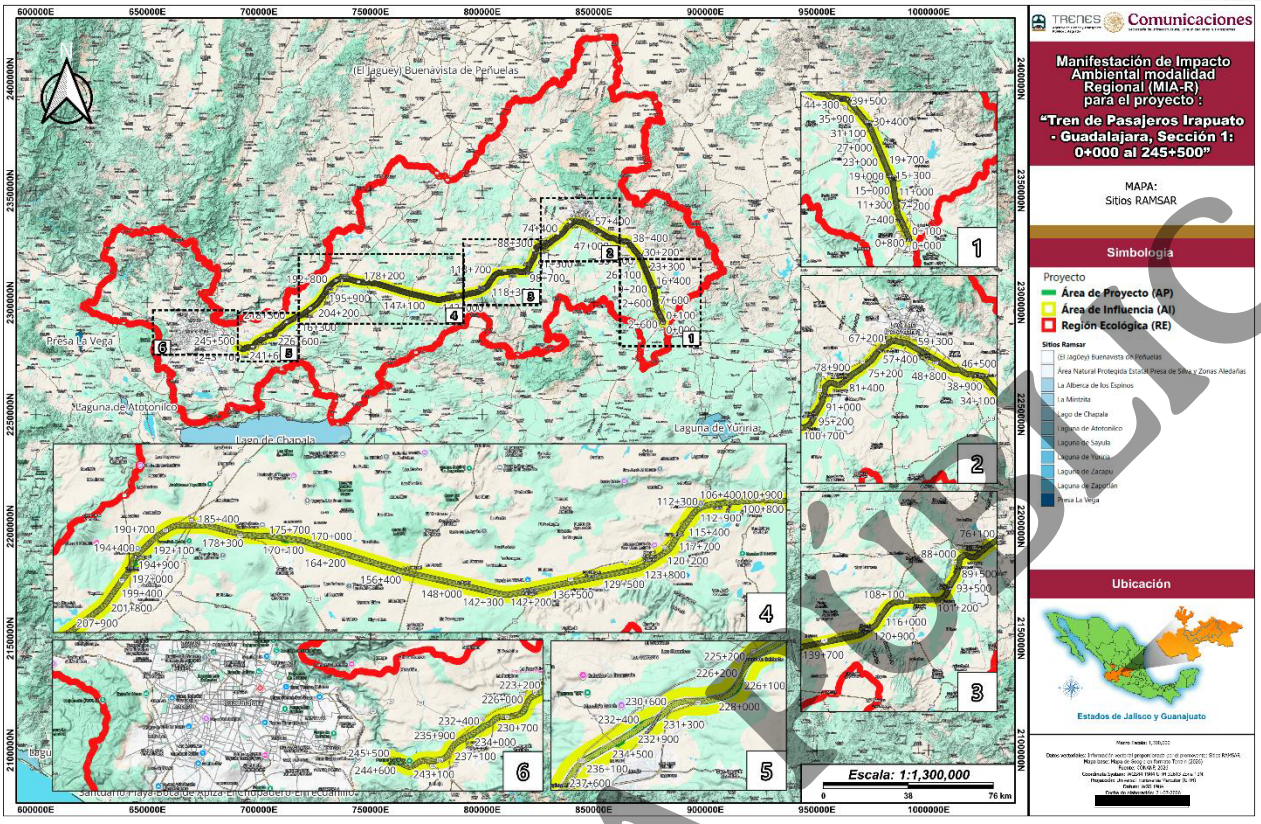


Figura II.33. **Incidencias y cercanías del AP respecto a los sitios RAMSAR. Elaboración propia.**

El análisis demuestra que el trazo del Proyecto no incide en ningún sitio RAMSAR. La infraestructura ferroviaria se desarrollará de forma paralela a los corredores viales y de infraestructura existentes, evitando la ocupación o afectación directa sobre los polígonos de los Sitios RAMSAR identificados en el ámbito regional.

CONSULTA PÚBLICA



II.6 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

En ejercicio de sus atribuciones, la SEMARNAT ha emitido diversas disposiciones normativas en materia de agua, suelo, protección de flora y fauna, ruido, impacto ambiental, gestión de residuos y control de la contaminación atmosférica. Dichas disposiciones establecen su ámbito de validez, vigencia y gradualidad de aplicación, constituyendo un instrumento regulatorio fundamental para orientar la actuación de los agentes económicos hacia la protección ambiental y la preservación del equilibrio ecológico.

En este contexto, para la ejecución de las obras y actividades asociadas a la ejecución del proyecto, se observarán de manera estricta las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, las cuales se enlistan a continuación:

Tabla II.166. **Vinculación de las Normas Oficiales Mexicanas con el Proyecto. Elaboración propia.**

NOM	OBJETIVO DE LA NOM	VINCULACIÓN
NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Publicada en el DOF el 30 de diciembre de 2010. Su última reforma oficial corresponde a la Modificación del Anexo Normativo III, publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019.	Identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para dichas especies o poblaciones, a través de un método de evaluación de su riesgo de extinción.	El desarrollo de Proyecto cumplirá cabalmente con lo establecido en esta Norma, así como con la actualización de las listas de especies en riesgo estipulada en la Modificación del Anexo Normativo III (publicada en el DOF en 2019). Para dar cumplimiento a esta disposición, se realizaron muestreos de flora y fauna dentro del AP. La contrastación de los inventarios biológicos obtenidos en campo con el Anexo Normativo III (2019) vigente permitió identificar con precisión las especies sujetas a alguna categoría de riesgo y ratificar que las medidas de manejo ambiental propuestas son las adecuadas para prevenir, mitigar restaurar y compensar las afectaciones sobre individuos y hábitats sensibles. Derivado de lo anterior, previo al desarrollo de las obras y actividades en las nuevas áreas de modificación del Proyecto ferroviario, se implementarán acciones de rescate, reubicación, monitoreo y protección de flora y fauna silvestre, priorizando estrictamente a los individuos identificados en las categorías de riesgo de la norma. Considerando que las especies registradas presentan una amplia distribución regional y se comparten entre la RE y las áreas evaluadas del Proyecto, se concluye que es ambientalmente viable en términos de flora, vegetación y fauna, siempre y cuando se mantenga la aplicación y supervisión de las medidas de manejo ambiental y

CONSULTA PÚBLICA





NOM	OBJETIVO DE LA NOM	VINCULACIÓN
		protección técnica previstas (**Medidas P08, M06, M08, M09, M10 y C01**).
NOM-052-SEMARNAT-2005. Publicada en el DOF el 23 de junio de 2006. Norma Oficial Mexicana que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales. Es de observancia obligatoria para identificar la peligrosidad de un residuo.	El desarrollo del Proyecto contempla actividades de preparación, construcción, mantenimiento y operación de maquinaria pesada y manejo de hidrocarburos, las cuales son susceptibles de generar residuos peligrosos (tales como aceites usados, solventes, estopas contaminadas y materiales impregnados con hidrocarburos). Dichos residuos serán identificados, clasificados por sus características CRETIB y manejados en estricto apego a esta NOM. Esto se realizará mediante un almacenamiento temporal controlado en el sitio y su posterior recolección, transporte y disposición final a través de empresas debidamente autorizadas. En ese sentido, se han solicitarán las autorizaciones y altas pertinentes como generadores de residuos. Para garantizar el cumplimiento de esta norma y prevenir afectaciones ambientales por un manejo inadecuado, dentro del Proyecto se implementarán las siguientes **Medidas** de forma obligatoria: **P03, P04, P05, P06, P08 y M03.**
NOM-054-SEMARNAT-1993. Publicada en el DOF. Norma Oficial Mexicana que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	Establece el método para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos. Permite prevenir accidentes y contaminaciones derivadas de la mezcla de residuos peligrosos con propiedades reactivas, tóxicas o corrosivas.	Derivado de las actividades de construcción, mantenimiento ferroviario, repostaje y manejo de sustancias peligrosas previstas en el Proyecto, se contempla el almacenamiento temporal de residuos peligrosos bajo estrictos criterios de segregación y control. Estos residuos serán identificados y clasificados conforme a esta NOM, para reconocer posibles incompatibilidades entre ellos, evitando estrictamente su mezcla y reduciendo con ello riesgos de reacción exotérmica, generación de gases, incendio, explosión o contaminación ambiental en los frentes de obra. En ese sentido, se han solicitado las autorizaciones como generadores de residuos. Para garantizar el cumplimiento de esta norma y prevenir contingencias operativas, dentro del Proyecto se implementarán de forma obligatoria las siguientes **Medidas: P05** *Construcción y operación del Almacén*

CONSULTA PÚBLICA



NOM	OBJETIVO DE LA NOM	VINCULACIÓN
		Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP), **P06** *Manejo integral de residuos generados en la obra,* **P08** *Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal* y **M03** *Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.*
NOM-161-SEMARNAT-2011. Publicada en el DOF el 1 de febrero de 2013. Norma Oficial Mexicana que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. Esta norma permite regular los residuos generados en procesos productivos, servicios o actividades que no son considerados peligrosos ni sólidos urbanos, pero que, por su volumen o composición, requieren manejo especial. Su objetivo es prevenir contaminación, promover reciclaje y mejorar la trazabilidad de estos materiales en los sistemas de gestión ambiental estatales y municipales	El desarrollo del Proyecto contempla actividades operativas, de construcción y de mantenimiento, las cuales generarán residuos de manejo especial, tales como refacciones, empaques, chatarra metálica, tarimas, llantas fuera de uso y materiales sobrantes de obra. Estos residuos serán categorizados conforme a lo establecido en esta NOM y se integrarán a los planes de manejo correspondientes, los cuales serán implementados y reportados ante las autoridades ambientales competentes para fomentar la economía circular, la correcta valorización y la corresponsabilidad sectorial. Para garantizar el cumplimiento de esta norma y una correcta gestión operativa, se implementarán de forma obligatoria las siguientes **Medidas: M01** *Retiro de material excedente y reconformación topográfica*, **P06** *Manejo integral de residuos generados en la obra,* **P08** *Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal* y **C01** *Programa de Compensación zona el Bajío.*
NOM-041-SEMARNAT-2015. Publicada en el DOF el 10 de junio de 2015. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda. Es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los Centros de Verificación, y en su caso	Los vehículos automotores que transiten por la zona de estudio durante el Proyecto, deberán considerar las especificaciones que esta NOM establece para el correcto funcionamiento de estos, toda vez que existirán emisiones a la atmósfera por este tipo de transporte. Para ello, se propone dar afinación y mantenimiento periódico a vehículos y maquinaria antes de iniciar las obras y durante la construcción de las obras para evitar la emisión excesiva de gases. La afinación se repetirá de acuerdo con el programa de mantenimiento que se tenga programado durante el tiempo que dure la etapa de preparación y construcción, principalmente. La empresa contratista deberá mantener una bitácora donde lleve un control de los períodos en que

CONSULTA PÚBLICA



NOM	OBJETIVO DE LA NOM	VINCULACIÓN
	Unidades de Verificación Vehicular, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería.	se hayan realizado la verificación de los vehículos empleados en la obra y los documentos actuales que evidencien las respectivas verificaciones llevadas a cabo antes y durante toda la etapa de preparación y construcción de la modificación del Proyecto. Para garantizar el cumplimiento de esta norma y minimizar la emisión de contaminantes a la atmósfera, dentro del Proyecto se implementarán de forma obligatoria las siguientes **Medidas: P04** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra,* **M04** *Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo* y **M05** *Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.*
NOM-045-SEMARNAT-2017. Publicada en el DOF el 8 de marzo de 2018. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, su método de medición y las especificaciones que deben reunir los equipos para su medición	Establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan diésel como combustible. Es de observancia obligatoria para los propietarios o poseedores legales de vehículos automotores diésel en circulación, así como para los centros de verificación vehicular y autoridades competentes encargadas de su control. No aplica a vehículos con peso bruto vehicular menor a 3,857 kg únicamente en ciertos supuestos normativos, ni a maquinaria que no circule en vías públicas, ni a fuentes fijas de emisión.	Durante la ejecución de las obras del Proyecto se llegarán a usar vehículos y maquinaria que operan con diésel, los cuales podrán circular dentro del sitio del Proyecto. En este sentido, la promovente garantizará que los vehículos automotores diésel utilizados durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación cuenten con mantenimiento preventivo y correctivo periódico, a fin de evitar la generación de emisiones visibles de humo que excedan los límites establecidos, se llevará un control documental de bitácoras de mantenimiento y verificación mecánica de los equipos y vehículos utilizados en el Proyecto, asegurando su adecuada condición operativa. Cumpliendo las **Medidas; P04** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra* y **P10** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.*
NOM-081-SEMARNAT-1994. Publicada en el DOF el 13 de enero de 1995. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido generado por fuentes fijas y su método de medición. Es de observancia obligatoria para las actividades, instalaciones o establecimientos que generen emisiones de ruido hacia el ambiente, susceptibles de producir	Durante la operación del Proyecto, se generarán emisiones de ruido derivadas del funcionamiento de equipos, actividades y obras propias del Proyecto. En este sentido, se implementarán medidas de control y mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipos, con el fin de mantener los niveles de emisión sonora dentro de los límites establecidos. Se dará seguimiento a las condiciones de operación de los equipos con mayor

CONSULTA PÚBLICA





NOM	OBJETIVO DE LA NOM	VINCULACIÓN
	molestias a la población o impactos al entorno.	generación de ruido, evitando su funcionamiento en condiciones anómalas que incrementen la emisión acústica. Para garantizar el cumplimiento de esta norma y proteger el entorno acústico, se implementarán de forma obligatoria las siguientes **Medidas: P04** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra,* **P10** *Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria* y **P09** *Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.*
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Publicada en el DOF el 10 de septiembre de 2013. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para caracterización y remediación.	El Proyecto contempla áreas de repostaje, almacenamiento de combustibles y manejo de hidrocarburos asociados al mantenimiento ferroviario, por lo que, en caso de presentar algún derrame o fuga que comprometa la composición natural del suelo, se realizarán las acciones que refiere esta NOM, las cuales estarán a cargo de la empresa responsable designada para la ejecución del Proyecto. Así también, se ejecutarán las siguientes acciones: • Desactivación de la fuente de contaminación y tratamiento al contaminante. Se implementarán procedimientos para la atención de contingencias: • Kit de atención a derrames. • Procedimiento de atención a derrames. • Remediación de suelos contaminados: • Acciones inmediatas. • Evaluación de riesgo. • Acciones de remediación. Para garantizar el cumplimiento de esta norma y proteger los recursos edáficos de la región, dentro del Proyecto se implementarán de forma obligatoria las siguientes **Medidas: M03** Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales, **P03** *Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo,* **P04** *Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra* y **P05** *Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).*

CONSULTA PÚBLICA





El análisis normativo integral realizado para el Proyecto a través del cumplimiento estricto de las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus reglamentos, y el marco de Normas Oficiales Mexicanas de la SEMARNAT en materia de flora y fauna (NOM-059-SEMARNAT-2010), manejo y segregación de residuos peligrosos y de manejo especial (NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-054-SEMARNAT-1993, NOM-161-SEMARNAT-2011), descargas de aguas residuales (NOM-001-SEMARNAT-2021), control de emisiones atmosféricas y opacidad vehicular (NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-045-SEMARNAT-2017), mitigación de ruido (NOM-081-SEMARNAT-1994) y protección y remediación de suelos (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012), demuestra que el Proyecto es ambientalmente viable.

Las afectaciones identificadas en el AP se encuentran acotadas y cuentan con medidas de mitigación, compensación, restauración y compensación técnicamente viables y de observancia obligatoria. La correcta implementación de los programas de manejo ambiental, la infraestructura de retención y almacenamiento, así como las bitácoras de control operativo y de residuos, garantizan la prevención, minimización y compensación de los impactos negativos sobre los recursos naturales, el entorno socioambiental y los ecosistemas regionales.

CONSULTA PÚBLICA



II.7 LOCALIDAD (ES) CON POBLACIÓN INDÍGENA EN LAS QUE INCIDE EL SITIO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO Y/O SU ZONA DE INFLUENCIA

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026). Vector de origen: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2014, 4 de abril). Población indígena por localidad, 2010 [Conjunto de datos vectoriales]. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Ciudad de México, México.

De acuerdo con la ubicación geográfica del trazo y la cartografía del INPI, así como el SIGEIA, **se incide sobre la Localidad Indígena El Calabozo dentro del municipio de Zapotlanejo, Estado de Jalisco.** Para el resto de las comunidades, **no existen localidades** o comunidades indígenas asentadas **dentro del área del Proyecto**, pero si dentro del área de influencia, siendo las más cercanas al AP las localidades de San Francisco dentro del municipio de Tepatitlán de Morelos dentro del Estado de Jalisco a 2.1 m, y El Sauz de Cajigal en el municipio dentro del municipio de San Ignacio Cerro Gordo también en Jalisco.

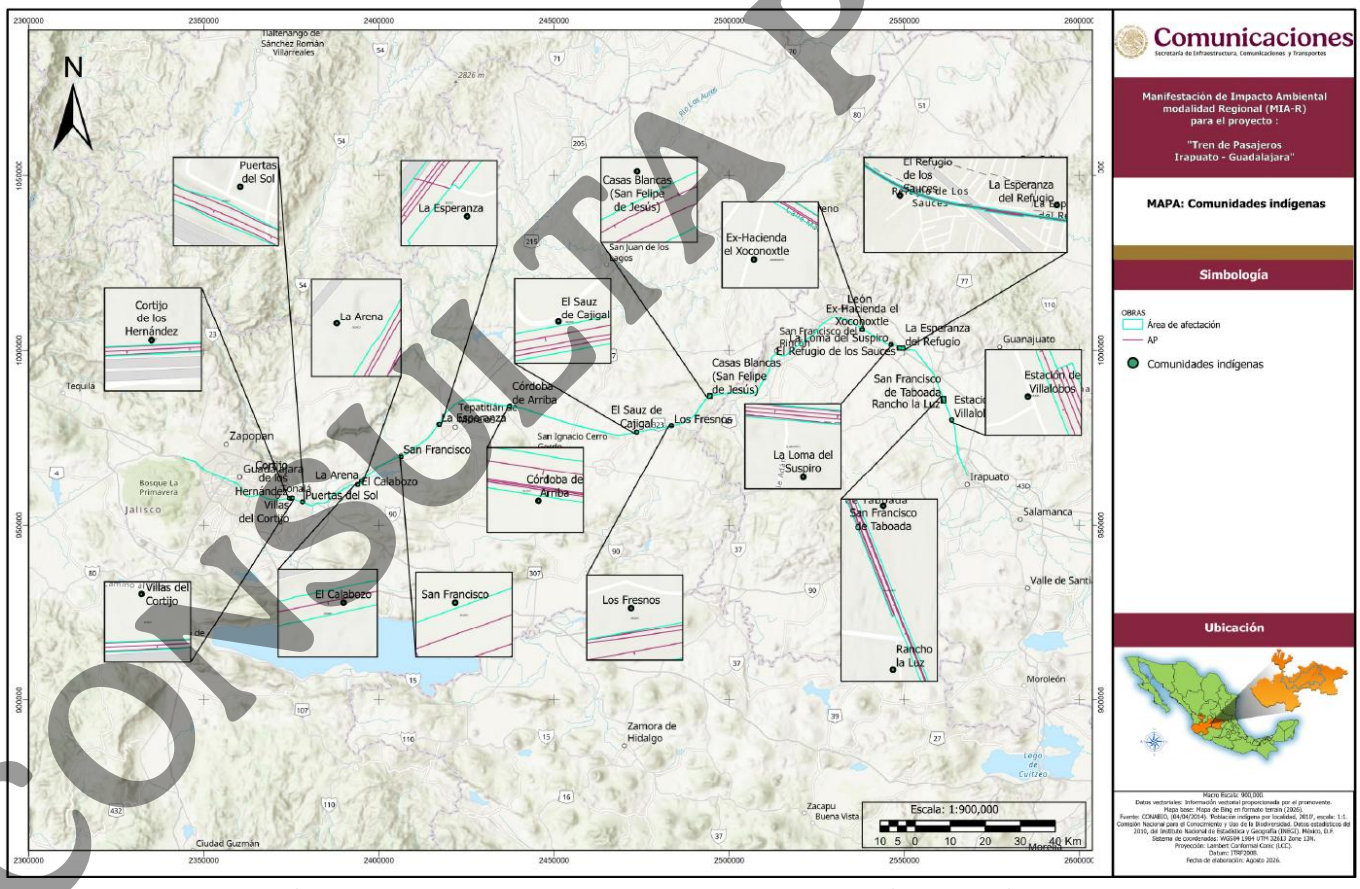


Figura II.34. **Ubicación del Proyecto, respecto a las localidades indígenas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



En la siguiente tabla se enlistan las localidades indígenas y su distancia al eje del Proyecto más cercano en línea recta:

Tabla II.167. **Localidades cercanas al área del Proyecto. Elaboración propia.**

COMUNIDADES INDÍGINAS	CLAVE LOCALIDAD	DISTANCIA (m)	MUNICIPIO	ESTADO
Puertas del Sol	192	29.7	Zapotlanejo	Jalisco
Cortijo de los Hernández	184	6.4	Zapopan	Jalisco
Villas del Cortijo	194	68.7	Tonalá	Jalisco
El Calabozo	27	0	Zapotlanejo	Jalisco
La Arena	100	62.6	Tepatitlán de Morelos	Jalisco
San Francisco	62	2.1	Tepatitlán de Morelos	Jalisco
El Sauz de Cajigal	288	4.3	San Ignacio Cerro Gordo	Jalisco
Los Fresnos	110	34	Arandas	Jalisco
La Esperanza	750	41.3	Lagos de Moreno	Jalisco
Estación de Villalobos	185	36.7	Irapuato	Guanajuato
Córdoba de Arriba	95	3.1	Arandas	Jalisco
Rancho la Luz	225	66	Irapuato	Guanajuato
San Francisco de Taboada	102	67.6	Irapuato	Guanajuato
Casas Blancas (San Felipe de Jesús)	15	34.1	San Diego de la Unión / Lagos de Moreno	Guanajuato / Jalisco
La Esperanza del Refugio	1395	70.7	León	Guanajuato
El Refugio de los Sauces	89	38.7	León	Guanajuato
La Loma del Suspiro	624	80.3	León	Guanajuato
Ex-Hacienda el Xoconoxtle	822	86.3	León	Guanajuato

II.8 CONCLUSIONES

Una vez analizados los instrumentos de ordenamiento ecológico territorial en todos sus niveles de jurisdicción (federal, estatal y municipal), así como los planes de desarrollo particulares para el Área del Proyecto (AP), se determinó que la naturaleza del proyecto mismo **no contraviene a los usos de suelo y reglamentaciones vigentes**, por lo que éste puede ser ejecutado siempre y cuando se planteé una estrategia de mitigación ambiental con base en los impactos identificados, **las cuales se plasman dentro del Capítulo IV** del presente proyecto. En ese sentido, estas medidas se encuentran en concordancia con las leyes, reglamentos y normas oficiales (NOM´s) vigentes y aplicables para el mismo. En ese sentido, una vez obtenida la autorización en materia ambiental expedida por la DGIRA de SEMARNAT dando aprobación a todos los supuestos del estudio, se dará cumplimiento a los términos y condicionantes del resolutivo.

CONSULTA PÚBLICA





II.9 BIBLIOGRAFÍA

(C)

Congreso de la Unión. (1917, 5 de febrero). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de junio de 2026. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Congreso de la Unión. (1972, 6 de mayo). Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2025. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFMZAAH.pdf

Congreso de la Unión. (1975, 8 de diciembre). Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de diciembre de 2020. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFMZAAH_031220.pdf

Congreso de la Unión. (1988, 28 de enero). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2026. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

Congreso de la Unión. (1992, 1 de diciembre). Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de diciembre de 2025. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf

Congreso de la Unión. (1994, 12 de enero). Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 2014. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf

Congreso de la Unión. (2000, 3 de julio). Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 2025. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGVS.pdf

Congreso de la Unión. (2000, 30 de mayo). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Congreso de la Unión. (2003, 8 de octubre). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2026. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

CONSULTA PÚBLICA





Congreso de la Unión. (2005, 21 de febrero). Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2014. https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/juridico/reglamentos/Reg_LGDFS.pdf

Congreso de la Unión. (2006, 30 de noviembre). Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de mayo de 2014. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGVS.pdf

Congreso de la Unión. (2006, 30 de noviembre). Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2021. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

Congreso de la Unión. (2018, 5 de junio). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2024. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf

Congreso del Estado de Guanajuato. (1917, 18 de octubre). Constitución Política para el Estado de Guanajuato. Última reforma publicada el 4 de agosto de 2026. https://www.congresogto.gob.mx/constitucion-politica-del-estado-de-guanajuato.

Congreso del Estado de Guanajuato. (2000, 8 de febrero). Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. Última reforma publicada el 23 de noviembre de 2021. https://www.congresogto.gob.mx/leyes/ley-para-la-proteccion-y-preservacion-del-ambiente-del-estado-de-guanajuato.

Congreso del Estado de Guanajuato. (2005, 10 de mayo). Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato. Última reforma publicada el 26 de junio de 2025. https://www.congresogto.gob.mx/leyes/ley-para-la-gestion-integral-de-residuos-del-estado-y-los-municipios-de-guanajuato.

Congreso del Estado de Jalisco. (1989, 6 de junio). Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco. Periódico Oficial del Estado de Jalisco. Última reforma publicada el 3 de diciembre de 2020.

Congreso del Estado de Jalisco. (2001, 12 de junio). Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco. Periódico Oficial del Estado de Jalisco. Última reforma publicada el 12 de septiembre de 2017.

CONSULTA PÚBLICA





Congreso del Estado de Jalisco. (2007, 24 de febrero). Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. Periódico Oficial del Estado de Jalisco. Última reforma publicada el 27 de abril de 2019.

Congreso del Estado de Jalisco. (2008, 25 de septiembre). Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco. Periódico Oficial del Estado de Jalisco. Última reforma publicada el 22 de diciembre de 2020.

(G)

Gestión Integral de la Ciudad de Guadalajara. (2017). Programa Municipal de Desarrollo Urbano [Incluye mapa de Zonificación primaria]. Municipio de Guadalajara. https://transparencia.guadalajara.gob.mx/sites/default/files/Programa-Municipal-de-Desarrollo-Urbano-2017.pdf.

Gobierno de México, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU], & H. Ayuntamiento de San Ignacio Cerro Gordo. (s. f.). Programa Municipal de Desarrollo Urbano San Ignacio Cerro Gordo.

Gobierno de México, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU], & H. Ayuntamiento de Tepatitlán de Morelos. (2023). Programa Municipal de Desarrollo Urbano Tepatitlán de Morelos.

Gobierno de Tonalá. (2010). Programa Municipal de Desarrollo Urbano Tonalá, Jalisco [Incluye mapa de Zonificación]. https://portal-transparencia.tonala.gob.mx/wp-content/uploads/2023/11/Programa-Municipal-de-Desarrollo-Urbano-Tonala-enero-2011.pdf.
https://portal-transparencia.tonala.gob.mx/wp-content/uploads/2023/11/Programa-Municipal-de-Desarrollo-Urbano-Tonala-enero-2011.pdf.

Gobierno de Zapopan. (2023). Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zapopan, Jalisco (Tomos I y II) [Incluye mapas de Infraestructura básica y Zonificación primaria]. https://servicios.zapopan.gob.mx:8000/wwwportal/publicfiles/2023-06/Gaceta%20Vo.%20XXX%20No.%20140_I_opt.pdf.

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2019). Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato (PEDUOET). Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2 de abril de 2019. https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/.

Gobierno del Estado de Jalisco. (2001). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco (POETJ). Periódico Oficial del Estado de Jalisco, 28 de julio de 2001. Última actualización del decreto publicada el 27 de julio de 2006. Sistema de Información Geográfica para la Planeación Territorial (SIGAT - SEMADET). https://siga.jalisco.gob.mx/moet/.

Gobierno Municipal de Juanacatlán. (2021). Plan Municipal de Desarrollo 2021–2024.

CONSULTA PÚBLICA





Gobierno Municipal de León. (2020). Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de León 2020 (PMDUOET). Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato. https://plataformaleon.gob.mx/descarga.php.

Gobierno Municipal de San Pedro Tlaquepaque. (2021). Plan de desarrollo urbano de centro de población [Incluye mapa de Zonificación]. https://transparencia.tlaquepaque.gob.mx/wp-content/uploads/2016/01/Gaceta-Municipal-PDUCP.pdf.

Gobierno Municipal de San Pedro Tlaquepaque. (2021). Zonificación [Mapa]. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro de Población San Pedro Tlaquepaque. https://transparencia.tlaquepaque.gob.mx/wp-content/uploads/2016/01/Gaceta-Municipal-PDUCP.pdf.

Gobierno Municipal de Zapotlanejo. (2020). Programa Municipal de Desarrollo Urbano Zapotlanejo 2020–2040.

(H)

H. Ayuntamiento de Acatic. (2024). Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza Acatic 2024-2027 Visión 2030.

H. Ayuntamiento de San Diego de Alejandría. (1995). Plan de Desarrollo Urbano, San Diego de Alejandría, Jal.

(I)

Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo [Imeplan]. (2024). Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del AMG [Incluye mapas de Zonificación (1/2 y 2/2)].

Ordenamiento del Territorio. (2023). Infraestructura básica [Mapa]. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zapopan, Jalisco (Tomo II). https://servicios.zapopan.gob.mx:8000/wwwportal/publicfiles/2023-06/Gaceta%20Vo.%20XXX%20No.%20140_II_opt_0.pdf

(S)

Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL]. (1993). Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [SEMADET]. (2020, 12 de marzo). Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Altos Norte. Gobierno del Estado de Jalisco. https://ordenamientoterritorial.jalisco.gob.mx/altosnorte.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [SEMADET]. (2024, 28 de septiembre). Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Región Cuenca Baja del Río Verde. Gobierno del Estado de Jalisco. https://ordenamientoterritorial.jalisco.gob.mx/rioverde.

CONSULTA PÚBLICA



Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [SEMADET]. (2024, 27 de abril). Programa de Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca Río Zula. Gobierno del Estado de Jalisco. https://ordenamientoterritorial.jalisco.gob.mx/riozula.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas. Diario Oficial de la Federación, 13 de enero de 1995.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2006, 23 de junio). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2010, 30 de diciembre). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2012). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Gobierno de México. https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2013, 1 de febrero). Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial... Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2015, 10 de junio). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores... Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018, 8 de marzo). Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017, Que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores que usan diésel... Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, & Secretaría de Salud. (2013, 10 de septiembre). Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Diario Oficial de la Federación.

CONSULTA PÚBLICA



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA-R) PARA EL PROYECTO DENOMINADO:

"Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

SICT (SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE)

ATTRAPI
(AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO)





ÍNDICE

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA 31

III.1. DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 32

III.1.1. Argumentos básicos para la delimitación 32

III.1.2. Metodología de la delimitación del Área de Influencia (AI) 36

III.2. CLIMA 43

III.2.1. Unidades climatológicas 43

III.2.2. Riesgos climatológicos y eventos extremos 51

III.2.3. Riesgos climatológicos y eventos extremos identificados dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) 63

III.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 71

III.3.1. Provincias geológicas 71

III.3.2. Geología 72

III.3.3. Fisiografía (provincias y subprovincias fisiográficas) 74

III.3.4. Sistema de topoformas 78

III.3.5. Riesgos geológicos y geomorfológicos 82

III.3.6. Riesgos geológicos y geomorfológicos dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) 86

III.3.7. Riesgos y peligros geológicos de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara" 95

III.3.8. Mapa geológico de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara" 108

III.3.9. Zonificación geológica de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara" 123

III.4. SUELO 164

III.4.1. Grupos edafológicos 164

III.4.2. Degradación del suelo 179

III.4.3. Erosión del suelo 182

III.4.4. Sitios de incidencia de contaminación del suelo dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) 184

III.4.5. Sitios de riesgo de contaminación del suelo de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara" 186

III.5. AGUA 198

CONSULTA PÚBLICA





III.5.1. Regionalización hidrológica 198
III.5.2. Cuerpos de agua superficiales 204
III.5.3. Corrientes de agua superficiales 209
III.5.4. Hidrología subterránea (acuíferos) 211
III.5.5. Riesgos y peligros 219
III.5.6. Riesgos y peligros referentes a inundaciones dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) 221
III.5.7. Zonas y capacidades de captación de agua del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) 223
III.5.8. Calidad del agua 224
III.6. AIRE 239
III.6.1. Dirección del viento 239
III.6.2. Calidad del aire 242
III.7. BIODIVERSIDAD 253
III.7.1. Regionalización de la flora y vegetación 253
III.7.2. Flora y vegetación terrestre 258
III.7.3. Regionalización faunística 338
III.7.4. Fauna 347
III.8. ANÁLISIS RESPECTO A LA INCIDENCIA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL 438
III.8.1. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) 438
III.8.2. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter federales 439
III.8.3. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter estatal y municipal 446
III.8.4. Humedales 473
III.8.5. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs) 474
III.8.6. Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) 475
III.8.7. Regiones Marinas Prioritarias (RMPs) 476
III.8.8. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) 477
III.8.9. Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) 478
III.8.10. Sitios RAMSAR 479
III.8.11. Distritos de riego 480
III.8.12. Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad (CBC) 481
III.8.13. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (SAP) 482

CONSULTA PÚBLICA





III.8.14. Sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales para la conservación de la biodiversidad (SPEC) 484
III.8.15. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT) 486
III.8.16. Sitios prioritarios para la restauración (SPR) 487
III.8.17. Áreas de Importancia Ambiental dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) 489
III.8.18. Otras áreas de importancia ambiental de interés dentro de la Región Ecológica (RE) 500
III.8.19. Conclusiones 526
III.9. MEDIO SOCIOECONÓMICO 528
III.9.1. Municipios de Guanajuato 528
III.9.2. Municipios de Jalisco 538
III.10. IDENTIFICACIÓN DE CORREDORES BIOLÓGICOS DENTRO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 549
IIII.10.1. Introducción 549
III.10.2. Caracterización y preparación del análisis 550
III.10.3. Metodología para la construcción de la red de conectividad 559
III.10.4. Resultados de la modelación de conectividad 563
III.10.5. Zonas de interés para la continuidad de la conectividad 569
III.11. PAISAJE 571
III.11.1. Calidad paisajística 571
III.12. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 579
III.12.1 Diagnóstico del clima 579
III.12.2 Diagnóstico de la geología y geomorfología 581
III.12.3 Diagnóstico del suelo 583
III.12.4. Diagnóstico del agua 584
III.12.5. Diagnóstico del aire 587
III.12.6. Diagnóstica de la flora y vegetación 589
III.12.7. Diagnóstico de la fauna 598
III.12.8. Análisis satelital de la calidad ecosistémica 602
III.13. BIBLIOGRAFÍA 606

CONSULTA PÚBLICA





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1. Microcuencas empleadas para la delimitación de la RE. Elaboración propia..... 33
Tabla III.2. Impactos ambientales identificados y empleados para la delimitación del Área de Influencia (AI). Elaboración propia..... 37
Tabla III.3. Componentes y factores susceptibles de presentar impactos ambientales, identificados y empleados para la delimitación del Área de Influencia (AI). Elaboración propia..... 38
Tabla III.4. Incidencia de climas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia..... 43
Tabla III.5. Incidencia de climas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia..... 44
Tabla III.6. Temperatura media normal promedio por estación climatológica. Elaboración propia. 45
Tabla III.7. Precipitación promedio (mm) estación climatológica Cumbres de Huicicila - 18083. Elaboración propia. 47
Tabla III.8. Incidencia del grado de riesgo por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 51
Tabla III.9. Incidencia del grado de peligro por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 51
Tabla III.10. Incidencia del grado de riesgo por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 53
Tabla III.11. Incidencia del grado de peligro por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia..... 53
Tabla III.12. Incidencia del grado de riesgo por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 55
Tabla III.13. Incidencia del grado de peligro por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 55
Tabla III.14. Incidencia del grado de riesgo por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 57
Tabla III.15. Incidencia del grado de peligro por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 57
Tabla III.16. Incidencia del grado de riesgo por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 59
Tabla III.17. Incidencia del grado de peligro por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 59
Tabla III.18. Niveles de Priorización por municipio ante la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático. Elaboración propia. 61
Tabla III.19. Glosario de las claves de vulnerabilidad. Elaboración propia..... 62
Tabla III.20. Incidencia de la probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia..... 64
Tabla III.21. Incidencia de la probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 35ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia..... 65
Tabla III.22. Incidencia de la vulnerabilidad social ante ondas de calor dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 66
Tabla III.23. Incidencia del riesgo ante ondas de calor (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 67

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.24. Incidencia de la probabilidad de presentar temperaturas menores a 10ºC dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 68
Tabla III.25. Incidencia de la vulnerabilidad social ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 69
Tabla III.26. Incidencia del riesgo ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 70
Tabla III.27. Incidencia de las provincias geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 71
Tabla III.28. Incidencia de las provincias geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 71
Tabla III.29. Incidencia de unidades geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 72
Tabla III.30. Incidencia de unidades geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 73
Tabla III.31. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 75
Tabla III.32. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 75
Tabla III.33. Incidencia del sistema de topoformas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 78
Tabla III.34. Incidencia del sistema de topoformas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 79
Tabla III.35. Fallas y fracturas con incidencia dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 82
Tabla III.36. Tipos de riesgo por hundimientos con incidencia dentro de la RE. Elaboración propia. 83
Tabla III.37. Tipos de riesgo por hundimientos con incidencia dentro del AP. Elaboración propia. 83
Tabla III.38. Tipos de peligros geomorfológicos con incidencia dentro de la RE. Elaboración propia. 84
Tabla III.39. Tipos de peligros geomorfológicos con incidencia dentro del AP. Elaboración propia. 84
Tabla III.40. Tipos de riesgo de vulcanismo con incidencia dentro de la RE. Elaboración propia.... 85
Tabla III.41. Tipos de riesgos de vulcanismo con incidencia dentro del AP. Elaboración propia. 85
Tabla III.42. Zonas inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia. 86
Tabla III.43. Zonas inestabilidad de laderas dentro del AP. Elaboración propia..... 86
Tabla III.44. Tipos de incidencia de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia. 88
Tabla III.45. Tipos de incidencia de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia. 91
Tabla III.46. Incidencias sobre los tipos de zonas de hundimientos dentro de la RE. Elaboración propia. 92
Tabla III.47. Tipos de incidencia de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia. 93
Tabla III.48. Incidencia zonas de vulcanismo dentro de la RE. Elaboración propia. 94
Tabla III.49. Tipos de subsidencias con incidencia en el AP. Elaboración propia..... 98
Tabla III.50. Larguillo de riesgos geológicos identificados a lo largo del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 105

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.51. Matriz de riesgos geológicos identificados a lo largo del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 106
Tabla III.52. Clasificación de, macizo rocoso mediante el RMR. Elaboración propia. 111
Tabla III.53. Clasificación de la resistencia a la compresión simple de los suelos y rocas a partir del índice de campo. Elaboración propia 112
Tabla III.54. Valor en puntos RMR de acuerdo con el rango de la resistencia a la compresión simple. Elaboración propia. 112
Tabla III.55. Valor en puntos RMR de acuerdo con el RQD. Elaboración propia 114
Tabla III.56. Valor en puntos RMR para el parámetro de separación de las discontinuidades. Elaboración propia. 114
Tabla III.57. Valor en puntos RMR para el estado de discontinuidades según las observaciones de campo. Elaboración propia 115
Tabla III.58. Descripción de las estaciones geomecánicas para el Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia. 118
Tabla III.59. Descripción de los puntos de verificación para el Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia. 119
Tabla III.60. Parámetros base para la definición de la zonificación geológica para el Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia. 125
Tabla III.61. Parámetros geomecánicos de la zona geológica I (PK 000+000 – 053+300). Elaboración propia. 127
Tabla III.62. Parámetros geomecánicos de la zona geológica II (PK 053+001 – 090+000). Elaboración propia. 132
Tabla III.63. Parámetros geomecánicos de la zona geológica III (PK 090+001 – 121+000). Elaboración propia. 137
Tabla III.64. Parámetros geomecánicos de la zona geológica IV (PK 121+001 – 161+000). Elaboración propia. 142
Tabla III.65. Parámetros geomecánicos de la zona geológica V (PK 161+001 – 181+000). Elaboración propia. 147
Tabla III.66. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VI (PK 181+001 – 191+700). Elaboración propia. 151
Tabla III.67. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VII (PK 191+701 – 253+000). Elaboración propia. 155
Tabla III.68. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VIII (PK 256+001 – 284+730). Elaboración propia. 160
Tabla III.69. Incidencia de los grupos edafológicos dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 164
Tabla III.70. Incidencia de los grupos edafológicos dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 164
Tabla III.71. Incidencia de las unidades edafológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 165
Tabla III.72. Incidencia de las unidades edafológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 170
Tabla III.73. Incidencia de grados de degradación del suelo dentro de la RE. Elaboración propia. 179

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.74. Incidencia de tipos y causas de degradación del suelo dentro de la RE. Elaboración propia. 179
Tabla III.75. Incidencia de grados de degradación del suelo dentro del AP. Elaboración propia. 180
Tabla III.76. Incidencia de tipos y causas de degradación del suelo dentro del AP. Elaboración propia. 181
Tabla III.77. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro de la RE. Elaboración propia. 182
Tabla III.78. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro del AP. Elaboración propia 183
Tabla III.79. Incidencia con puntos detectados de contaminación del suelo. Elaboración propia. 185
Tabla III.80. Concentraciones de referencia de acuerdo con la NMX-AA132-SCFI-2016. Elaboración propia. 189
Tabla III.81. Sitios de muestreo visitados para la implementación de la toma de suelo de acuerdo con la NMX-AA132-SCFI-2016. Elaboración propia. 190
Tabla III.82. Resultados de los muestreos en campo sobre la determinación de Cromo Hexavalente (Cr(VI)). Elaboración propia 195
Tabla III.83. Incidencia de las regionalizaciones hídricas dentro de la RE y AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 198
Tabla III.84. Incidencia de las Regiones Hidrológicas (RH) dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 198
Tabla III.85. Incidencia de las Regiones Hidrológicas (RH) dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 198
Tabla III.86. Incidencia de las Cuencas Hidrográficas (CH) dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 201
Tabla III.87. Incidencia de las Cuencas Hidrográficas (CH) dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 201
Tabla III.88. Incidencia de las Subcuencas Hidrográficas (SCH) dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 202
Tabla III.89. Incidencia de las Subcuencas Hidrográficas (SCH) dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 203
Tabla III.90. Cantidad de cuerpos de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 204
Tabla III.91. Incidencia de cuerpos de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 204
Tabla III.92. Cantidad de cuerpos de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 208
Tabla III.93. Incidencia de cuerpos de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 208
Tabla III.94. Cantidad de corrientes de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 209
Tabla III.95. Cantidad de corrientes de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 209
Tabla III.96. Incidencia de corrientes de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 209
Tabla III.97. Incidencia de acuíferos dentro de la RE de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración propia. 211

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.98. Incidencia de acuíferos dentro del AP de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración propia. 212
Tabla III.99. Incidencia del grado de riesgo por inundaciones dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 220
Tabla III.100. Incidencia del grado de peligro por inundaciones dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 220
Tabla III.101. Incidencia de zonas de riesgo dentro de la RE. Elaboración propia. 222
Tabla III.102. Incidencia de zonas de capacidad de captación de agua dentro de la RE. Elaboración propia. 223
Tabla III.103. Incidencia de zonas de riesgo dentro del AP. Elaboración propia. 223
Tabla III.104. Parámetros para el análisis de la calidad del agua superficial. Elaboración propia. ..225
Tabla III.105. Puntos de monitoreo de la calidad del agua superficial. Elaboración propia. 228
Tabla III.106. Parámetros para el análisis de la calidad del agua subterránea. Elaboración propia. 231
Tabla III.107. Puntos de monitoreo de la calidad del agua subterránea. Elaboración propia. 234
Tabla III.108. Estación Meteorológica Automatizada "Guadalajara y Guanajuato" dentro de la RE. Elaboración propia. 239
Tabla III.109. Total de emisiones por tipo de fuente y contaminante (ton/año). PROAIRE-GTO, 2021. 244
Tabla III.110. Total de emisiones por tipo de industria. PROAIRE-GTO, 2021. 246
Tabla III.111. Total de emisiones por tipo de fuente y contaminante (ton/año). PROAIRE-JALISCO, 2014. 248
Tabla III.112. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 258
Tabla III.113. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro del Área del Proyecto (AP) de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 260
Tabla III.114. Síntesis de los sitios de muestreo establecidos. Elaboración propia. 278
Tabla III.115. Coordenadas de los sitios de muestreo de la RE y AP en formato WGS84-UTM 32613. Elaboración propia. 278
Tabla III.116. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 288
Tabla III.117. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 289
Tabla III.118. Flora potencial categorizada como Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 299
Tabla III.119. Flora potencial categorizada como Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 300
Tabla III.120. Flora potencial categorizada como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 300
Tabla III.121. Número de especies potenciales por tipo de crecimiento. Elaboración propia. 302
Tabla III.122. Patrones de riqueza por nivel taxonómico entre la RE y el AP. Elaboración propia. 304
Tabla III.123. Riqueza de las especies por forma de vida dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 305
Tabla III.124. Distribución de las especies registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 306

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.125. Especies con alguna categoría de riesgo por comercio o tráfico internacional registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 307
Tabla III.126. Especies en la Lista Roja de la IUCN registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 307
Tabla 127. Listado florístico de las especies presentes de los muestreos de la RE y el AP. Elaboración propia. 309
Tabla III.128. Abundancias y densidades por forma de vida registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 318
Tabla III.129. Comparación de las abundancias y densidades por especie de árbol registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 319
Tabla III.130. Comparación de las abundancias y densidades por especie de arbustos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 321
Tabla III.131. Comparación de las abundancias y densidades por especie de cactáceas y/o rosetófilas registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 323
Tabla III.132. Comparación de las abundancias y densidades por especie de epífitas y/o trepadoras registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 324
Tabla III.133. Comparación de las abundancias y densidades por especie de hierbas registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 325
Tabla III.134. Comparación del Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener (H') por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia 327
Tabla III.135. Comparación del Índice de Simpson (λ) por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia 328
Tabla III.136. Comparación del Índice de Jaccard (J') por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia 329
Tabla III.137. Comparación de la Serie de Números de Hill por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia. 330
Tabla III.138. Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III dentro del listado potencial, la RE y el AP. Elaboración propia. 331
Tabla III.139. Especies endémicas dentro del listado potencial, la RE y el AP. Elaboración propia. 332
Tabla III.140. Especies endémicas y prioritarias de flora para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 333
Tabla III.141. Géneros de pteridofitas con mayor riqueza biológica dentro del estado de Jalisco. Elaboración propia. 335
Tabla III.142. Especies de pteridofitas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 335
Tabla III.143. Especies endémicas y prioritarias de gimnospermas para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro de la RE y el AP. Elaboración propia. 336
Tabla III.144. Especies endémicas y prioritarias de angiospermas para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 336
Tabla III.145. Listado de especies exóticas y exóticas-invasoras potenciales y registradas de manera potencial, para la RE y el AP. Elaboración propia 337
Tabla III.146. Métodos empleados para el registro de la fauna. Elaboración propia 347
Tabla III.147. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en la RE para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia. 357

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.148. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en el AP para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia. 357
Tabla III.149. Ubicación de Trampas Tomahawk de fauna en la RE en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia. 361
Tabla III.150. Ubicación de Trampas Tomahawk de fauna en el AP en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia. 361
Tabla III.151. Ubicación de Trampas Sherman de fauna en la RE en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia. 362
Tabla III.152. Ubicación de Trampas Tomahawk de fauna en el AP en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia. 362
Tabla III.153. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) para la RE. Elaboración propia. 368
Tabla III.154. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) para el AP. Elaboración propia. 368
Tabla III.155. Anfibios potenciales en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 379
Tabla III.156. Aves potenciales categorizadas como Sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 380
Tabla III.157. Aves potenciales categorizadas como Amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 381
Tabla III.158. Aves potenciales categorizadas como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 381
Tabla III.159. Mamíferos potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 382
Tabla III.160. Mamíferos potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 382
Tabla III.161. Mamíferos potenciales categorizados como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 383
Tabla III.162. Reptiles potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 384
Tabla III.163. Reptiles potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 385
Tabla III.164. Reptiles potenciales categorizados como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 385
Tabla III.165. Número de especies potenciales por estacionalidad. Elaboración propia. 388
Tabla III.166. Ictiofauna potencial categorizada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 390
Tabla III.167. Riqueza y abundancia de los grupos registrados durante el trabajo de campo en la RE y el AP. Elaboración propia. 393
Tabla III.168. Especies de fauna registradas como endémicas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 395
Tabla III.169. Listado de especies de fauna registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 397

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.170. Especies de fauna registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 405
Tabla III.171. Abundancia de anfibios registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 407
Tabla III.172. Abundancia de reptiles registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 408
Tabla III.173. Abundancia de aves registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 409
Tabla III.174. Abundancia de mamíferos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 411
Tabla III.175. Índices de diversidad de la RE y el AP. Elaboración propia. 412
Tabla III.176. Serie de números de Hill de la RE y el AP. Elaboración propia. 413
Tabla III.177. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia. 414
Tabla III.178. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia. 414
Tabla III.179. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia. 416
Tabla III.180. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia. 416
Tabla III.181. Listado de especies catalogadas como endémicas. Elaboración propia. 418
Tabla III.182. Especies endémicas y prioritarias de anfibios para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 419
Tabla III.183. Especies endémicas y prioritarias de aves para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro de la RE y el AP. Elaboración propia. 419
Tabla III.184. Especies endémicas y prioritarias de mamíferos para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 420
Tabla III.185. Especies endémicas y prioritarias de reptiles para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 420
Tabla III.186. Especies endémicas y prioritarias de anfibios para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 421
Tabla III.187. Especies endémicas y prioritarias de aves para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro de la RE y el AP. Elaboración propia. 422
Tabla III.188. Especies endémicas y prioritarias de mamíferos para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 424
Tabla III.189. Especies endémicas y prioritarias de reptiles para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 425
Tabla III.190. Listado de especies exóticas y exóticas-invasoras potenciales y registradas para la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 426
Tabla III.191. Listado de especies ferales y domésticas identificadas. Elaboración propia. 427
Tabla 192. Listado de especies polinizadoras registradas de manera potencial dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 427
Tabla III.193. Listado de especies migratorias presentes en la RE y el AP. Elaboración propia. 428
Tabla III.194. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026). 438
Tabla III.195. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales conforme al análisis SIGEIA (2026). 439
Tabla III.196. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales conforme al análisis SIGEIA (2026). 446

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.197. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Municipales conforme al análisis SIGEIA (2026). 447
Tabla III.198. Fauna registrada dentro del ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia. 454
Tabla III.199. Especies endémicas registradas dentro del ANP Barranca de los ríos Santiago y Verde. Elaboración propia. 456
Tabla III.200. Listado de especies de flora en la Presa de Silva y Áreas Aledañas. Elaboración propia. 459
Tabla III.201. Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia. 461
Tabla III.202. Especies endémicas en la Presa de Silva y Áreas Aledañas. Elaboración propia. 463
Tabla III.203. Especies endémicas en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia 466
Tabla III.204. Especies de flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia. 467
Tabla III.205. Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia. 469
Tabla III.206. Especies endémicas en el Cerro de Arandas. Elaboración propia. 471
Tabla III.207. Porcentaje de especies endémicas en el Cerro de Arandas. Elaboración propia. 472
Tabla III.208. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a humedales conforme al análisis SIGEIA (2026) 473
Tabla III.209. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026). 474
Tabla III.210. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026). 475
Tabla III.211. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026). 477
Tabla III.212. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026). 478
Tabla III.213. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a Sitios Ramsar conforme al análisis SIGEIA (2026) 479
Tabla III.214. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los Distritos de Riego conforme al análisis SIGEIA (2026) 480
Tabla III.215. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los Corredores Bioclimáticos conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia. 481
Tabla III.216. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SAP conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia 483
Tabla 217. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPEC conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia 485
Tabla III.218. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPT conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia 486
Tabla III.219. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPR conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia 488
Tabla III.220. Bosques Urbanos que inciden sobre la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 490

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.221. Número de registros por familia botánica de la flora potencial del AMG. Elaboración propia. 491
Tabla III.222. Relación de familias y especies de la flora potencial del AMG. Elaboración propia. 492
Tabla III.223. Cantidad de registros por grupo faunístico dentro del AMG. Elaboración propia. ... 493
Tabla III.224. Cantidad de especies registradas por grupo faunístico dentro del AMG. Elaboración propia. 494
Tabla III.225. Distribución de las superficies dentro de las áreas verdes por municipio. Elaborado con base en IMEPLAN (2022) 496
Tabla III.226. Distribución de los individuos de las ááreas verdes por municipio. Elaborado con base en IMEPLAN (2022) 497
Tabla III.227. Especies, géneros y familias botánicas por municipio. Elaborado con base en IMEPLAN (2022) 498
Tabla III.228. Especies endémicas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia. 507
Tabla III.229. Especies de flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 507
Tabla III.230. Especies endémicas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia. 510
Tabla III.231. Especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia. 514
Tabla III.232. Especies de flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia. 515
Tabla III.233. Especies Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia. 517
Tabla III.234. Especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia. 518
Tabla III.235. Flora arbórea del Bosque Los Colomos. Elaboración propia. 520
Tabla III.236. Familias más diversas en especies del estrato arbóreo en el BLC. Elaboración propia. 520
Tabla III.237. Familias más diversas en especies del estrato arbustivo y herbáceo en el BLC. Elaboración propia. 521
Tabla III.238. Géneros más diversos en especies del estrato arbustivo y herbáceo en el BLC. Elaboración propia. 522
Tabla III.239. Diversidad de fauna en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia. 523
Tabla III.240. Especies de anfibios y reptiles bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el BLC. Elaboración propia. 524
Tabla III.241. Especies de aves bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el BLC. Elaboración propia. 524
Tabla III.242. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia 526
Tabla III.243. Municipios de incidencia dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia 528
Tabla III.244. Cobertura vegetal y uso del suelo presente en un radio de 25 km. Elaboración propia. 552
Tabla III.245. Puntos de interés para las adecuaciones de obras a pasos de fauna conforme al estudio de conectividad. Elaboración propia 570

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.246. Clases y descripción de las unidades paisajísticas. Elaboración propia.....574
Tabla III.247. Cadenamientos por los que atraviesa el Área del Proyecto (AP) a las clases de calidad paisajística. Elaboración propia. 576
Tabla III.248. Unidades paisajísticas y su fragilidad en el marco del proyecto. Elaboración propia. 577
Tabla III.249. Matriz de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII. Elaboración propia.....593
Tabla III.250. Relación de la información temática para la regionalización de la calidad ecológica. Elaboración propia. 602
g) Tabla III.251. Clases de calidad ecosistémica determinadas para la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 604
Tabla III.252. Cadenamientos por los que atraviesa el Área del Proyecto (AP) a las clases de calidad ecosistémica. Elaboración propia. 605

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1. Delimitación de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 34
Figura III.2. Representación esquemática de las interacciones consideradas para la delimitación del Área de Influencia (AI). (Tomado de Milne et al. 1996). 36
Figura III.3. Polígono del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.....42
Figura III.4. Incidencia de las Unidades Climáticas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.....45
Figura III.5. Climograma de las estaciones meteorológicas de las principales ciudades y núcleos poblacionales dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 50
Figura III.6. Climograma de los promedios de las estaciones meteorológicas dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 50
Figura III.7. Incidencia del grado de riesgo por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 52
Figura III.8. Incidencia del grado de peligro por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 52
Figura III.9. Incidencia del grado de riesgo por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.....54
Figura III.10. Incidencia del grado de peligro por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.....54
Figura III.11. Incidencia del grado de riesgo por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 56
Figura III.12. Incidencia del grado de peligro por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 56
Figura III.13. Incidencia del grado de riesgo por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 58

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.14. Incidencia del grado de peligro por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 58

Figura III.15. Incidencia del grado de riesgo por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 60

Figura III.16. Incidencia del grado de peligro por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 60

Figura III.17. Nivel de priorización sobre la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 63

Figura III.18. Probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 64

Figura III.19. Probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 35ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 65

Figura III.20. Vulnerabilidad social ante ondas de calor dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 66

Figura III.21. Riesgo ante ondas de calor (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 67

Figura III.22. Probabilidad de presentar temperaturas menores a 10ºC dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 68

Figura III.23. Vulnerabilidad social ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 69

Figura III.24. Riesgo ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 70

Figura III.25. Incidencia de las unidades geológicas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 74

Figura III.26. Incidencia de las provincias fisiográficas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 75

Figura III.27. Incidencia de las subprovincias geológicas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 76

Figura III.28. Incidencia de los sistemas de topoformas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 80

Figura III.29. Incidencia de fallas y fracturas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 82

Figura III.30. Incidencia de los tipos de riesgo por hundimiento dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 83

Figura III.31. Incidencia de los tipos de peligros geomorfológicos dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 84

Figura III.32. Incidencia de los tipos de riesgo de vulcanismo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 85

Figura III.33. Incidencia con zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 87

Figura III.34. Incidencias lineales de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 89

Figura III.35. Incidencias lineales de inestabilidades de laderas puntuales dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 89

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.36. Incidencias con fallas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 90
Figura III.37. Registro de sismos dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 91
Figura III.38. Tipos de zonas de hundimientos dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 92
Figura III.39. Incidencia sobre fracturas y grietas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 93
Figura III.40. Incidencia sobre sitios de vulcanismo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.. 95
Figura III.41. Zonificación de suelos colapsables y expansivos . Elaboración propia. 97
Figura III.42. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de Irapuato-Salamanca en el periodo 2017-2019. Elaboración propia. 99
Figura III.43. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de Silao en el periodo 2017-2019. Elaboración propia. 100
Figura III.44. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de León de los Aldamas en el periodo 2017-2019. Elaboración propia. 101
Figura III.45. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de León de los Aldamas en el periodo 2017-2019. Elaboración propia. 102
Figura III.46. Mapa de subsidencias en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) en el periodo 2017-2019. Elaboración propia. 103
Figura III.47. Plano de zonificación por riesgo dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 107
Figura III.48. Levantamiento de un punto de verificación del Tramo Irapuato. Elaboración propia. 109
Figura III.49. Toma de datos estructurales (rumbo y echado(de una estación geomecánica del Tramo Irapuato. Elaboración propia. 109
Figura III.50. Toma de datos estructurales (rumbo y echado(de una estación geomecánica del Tramo Irapuato. Elaboración propia. 110
Figura III.51. Líneas de registro de afloramiento rocoso; la línea roja proporcionará un valor promedio y la azul un valor máximo. Tomado de Jordá Bordehore *et al.*, 2016). 113
Figura III.52. Trabajos de ejecución en macizo rocoso para determinar datos estructurales como rumbo y echado en la estación geomecánica TIG-EG-028. Elaboración propia. 116
Figura III.53. Evaluación del GDI describe las características del macizo rocoso en función del fracturamiento ya sea muy severo o roca masiva. Tomado de Marinos *et al.* 2005. 117
Figura III.54. Zonificación geológica del Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia 126
Figura III.55. Estaciones geomecánicas de la zona geológica I. TIG-EG-006 andesita de la unidad QptA-B 128
Figura III.56. Columna estratigráfica de la Zona Geológica I. Elaboración propia. 130
Figura III.57. Análisis estructural de la zona geológica I; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 131
Figura III.58. Estaciones geomecánicas de la zona geológica II. TIG-EG-023, toba riolítica de la unidad 133
Figura III.59. Columna estratigráfica de la Zona Geológica II. Elaboración propia. 135

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.60. Análisis estructural de la zona geológica II; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 136

Figura III.61. Estaciones geomecánicas de la zona geológica III. TIG-EG-029, roca toba riolítica de la unidad ToR-TR A (a y b); TIG-EG-031, roca riolita de la unidad ToR-TR (c y d); TIG-EG-027, roca andesita de la unidad TmB (e y f). Elaboración propia..... 138

Figura III.62. Columna estratigráfica de la Zona Geológica III. Elaboración propia..... 140

Figura III.63. Análisis estructural de la zona geológica III; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 141

Figura III.64. Estaciones geomecánicas de la zona geológica IV. TIG-EG-040, toba riolítica de la unidad ToR-TR (a & b); TIG-EG-041, roca andesita de la unidad TmB-A (c); TIG-EG-042, roca basalto de la unidad TmB-A (d); toba riolítica de la unidad TmplTR (e & f). Elaboración propia. 143

Figura III.65. Columna estratigráfica de la Zona Geológica IV. Elaboración propia..... 145

Figura III.66. Análisis estructural de la zona geológica IV; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 146

Figura III.67. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica V. TIG-EG-043, basalto de la unidad TmB-A (a 148

Figura III.68. Columna estratigráfica de la Zona Geológica V. Elaboración propia..... 149

Figura III.69. Análisis estructural de la zona geológica V; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 150

Figura III.70. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VI. TIG-PV-082, toba andesítica de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-048, roca basalto de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-049, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f). Elaboración propia..... 152

Figura III.71. Columna estratigráfica de la Zona Geológica VI. Elaboración propia..... 153

Figura III.72. Análisis estructural de la zona geológica VI; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 154

Figura III.73. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VII. TIG-EG-067, roca andesita de la unidad..... 156

Figura III.74. Columna estratigráfica de la Zona Geológica VII. Elaboración propia..... 158

Figura III.75. Análisis estructural de la zona geológica VII; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 159

Figura III.76. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VIII. TIG-EG-071, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-073, roca basalto de la unidad TplB-A (c & d); TIG-EG-077, toba riolítica de la unidad QptTR (e & f). Elaboración propia. 161

Figura III.77. Columna estratigráfica de la Zona Geológica VIII. Elaboración propia..... 162

Figura III.78. Análisis estructural de la zona geológica VIII; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) 163

Figura III.79. Incidencia de los tipos de suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 171

Figura III.80. Perfiles de los tipos de suelos dentro de la RE y el AP. Imágenes ilustrativas. 178

Figura III.81. Incidencia de los grados de degradación del suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 181

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.82. Incidencia de los grados de erosión del suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 183

Figura III.83. Incidencia con puntos detectados de la contaminación del suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 185

Figura III.84. Plano de la planta "Química Central México S.A. de C.V." donde se aprecia su interacción con 187

Figura III.85. Plano de la planta "Química Central México S.A. de C.V." donde se aprecia su interacción con 188

Figura III.86. Puntos de muestreo para la detección de Cromo Hexavalente dentro del AP y el AI. Elaboración propia. 191

Figura III.87. Tomas de muestra en campo. Elaboración propia 192

Figura III.88. Imágenes de las muestras de suelo debidamente empaquetadas para su envío a laboratorio. Elaboración propia 193

Figura III.89. Dirección del movimiento del Cromo Hexavalente (Cr(VI)) por corrientes de aire. Elaboración propia. 196

Figura III.90. Incidencia de las Regiones Hidrológicas (RH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 199

Figura III.91. Incidencia de las Cuencas Hidrológicas (CH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 202

Figura III.92. Incidencia de las Subcuencas Hidrográficas (SCH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 203

Figura III.93. Incidencia de los Acuíferos dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 219

Figura III.94. Incidencia de los riesgos por inundaciones dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 220

Figura III.95. Incidencia de los peligros por inundaciones dentro de la RE y AP. Elaboración propia 221

Figura III.96. Incidencia de zonas de riesgo de inundación dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 222

Figura III.97. Incidencia con zonas de capacidad de captación de agua dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 224

Figura III.98. Puntos para el monitoreo de la calidad del agua superficial dentro de la RE. Elaboración propia. 227

Figura III.99. Indicadores para la determinación de la calidad del agua superficial. Elaboración propia. 229

Figura III.100. Puntos para el monitoreo de la calidad del agua subterránea dentro de la RE. Elaboración propia. 233

Figura III.101. Indicadores para la determinación de la calidad del agua subterránea. Elaboración propia. 235

Figura III.102. Gráfico de distribución de la velocidad de los vientos dentro de Guadalajara a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años 239

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.103. Rosa de los vientos dentro de Guadalajara a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años....240

Figura III.104. Gráfico de distribución de la velocidad de los vientos dentro de Irapuato a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años....240

Figura III.105. Rosa de los vientos dentro de Irapuato a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años. 241

Figura III.106. Gráfico de distribución de la velocidad de los vientos dentro de León de los Aldama a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años. 241

Figura III.107. Rosa de los vientos dentro de León de los Aldama a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años....242

Figura III.108. Contribución de las fuentes evaluadas a las emisiones totales en el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021. 244

Figura III.109. Porcentaje de emisiones de contaminantes a la atmósfera, por contaminante del Estado de Jalisco, 2014....248

Figura III.110. Emisiones anuales de fuentes fijas del Estado de Jalisco, 2014. 249

Figura III.111. Emisiones anuales de fuentes móviles del Estado de Jalisco, 2014....250

Figura III.112. Emisiones anuales de fuentes de área del Estado de Jalisco, 2014....251

Figura III.113. Divisiones Florísticas dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia. 253

Figura III.114. Ecorregiones Florísticas Nivel I dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia. 254

Figura III.115. Ecorregiones Florísticas Nivel II dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia. 255

Figura III.116. Ecorregiones Florísticas Nivel III dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia. 256

Figura III.117. Ecorregiones Florísticas Nivel IV dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia. 257

Figura III.118. Uso de Suelo y Vegetación Serie VII dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia. 260

Figura III.119. Fotografías (1) a nivel paisaje dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 261

Figura III.120. Fotografías (2) a nivel paisaje dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 262

Figura III.121. Fotografías (3) a nivel paisaje dentro de Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 263

Figura III.122. Fotografías (4) a nivel paisaje dentro de Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 264

Figura III.123. Fotografías a nivel paisaje dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.265

Figura III.124. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de árboles, cactáceas o rosetófilas, y enredaderas o epífitas. Elaboración propia.... 277

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.125. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de arbustos. Elaboración propia. 277

Figura III.126. Transectos para el levantamiento de datos de las formas hierbas. Elaboración propia. 277

Figura III.127. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de árboles, cactáceas o rosetófilas, y enredaderas o epífitas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 281

Figura III.128. Ejemplo de georreferenciación y marcaje de transecto de muestreo de flora (1). Elaboración propia. 281

Figura III.129. Ejemplo de georreferenciación y marcaje de transecto de muestreo de flora (2). Elaboración propia. 282

Figura III.130. Ejemplo de georreferenciación y marcaje de transecto de muestreo de flora (3). Elaboración propia. 282

Figura III.131. Actividades de muestreo de flora y vegetación (1). Elaboración propia. 283

Figura III.132. Actividades de muestreo de flora y vegetación (2). Elaboración propia. 284

Figura III.133. Actividades de muestreo de flora y vegetación (3). Elaboración propia. 285

Figura III.134. Actividades de muestreo de flora y vegetación (4). Elaboración propia. 286

Figura III.135. Actividades de muestreo de flora y vegetación (5). Elaboración propia. 287

Figura III.136. Curvas de Acumulación de Especies (CAEs) por estrato dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. 290

Figura III.137. Curvas de Acumulación de Especies (CAEs) por estrato dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 291

Figura III.138. Registro de abundancias de flora por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia. 298

Figura III.139. Riqueza de especies de flora por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia. 299

Figura III.140. Distribución de individuos de flora bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia. 301

Figura III.141. Riqueza de flora potencial bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia. 301

Figura III.142. Número de especies potenciales por tipo de crecimiento y estacionalidad. Elaboración propia. 303

Figura III.143. Comparación de la riqueza específica (familias, géneros y especies) de flora dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 304

Figura III.144. Comparación de las formas de vida de flora dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 305

Figura III.145. Distribución de las especies de flora registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 306

Figura III.146. Especies con alguna categoría de riesgo por comercio o tráfico internacional registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 307

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.147. Especies en la Lista Roja de la IUCN registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 308

Figura III.148. Algunas especies de árboles registrados en la RE y AP (1). Elaboración propia. 311

Figura III.149. Algunas especies de árboles registradas en la RE y AP (2). Elaboración propia. 312

Figura III.150. Algunas especies de árboles registradas en la RE y AP (3). Elaboración propia. 313

Figura III.151. Algunas especies de arbustos registradas en la RE y AP (1). Elaboración propia. 314

Figura III.152. Algunas especies de arbustos registradas en la RE y AP (2). Elaboración propia. 315

Figura III.153. Algunas especies de hierbas registradas en la RE y AP. Elaboración propia. 316

Figura III.154. Algunas especies de epífitas y/o trepadoras, cactáceas y/o rosetófilas registradas en la RE y AP. Elaboración propia 317

Figura III.155. Abundancias por forma de vida de las especies registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 318

Figura III.156. Densidades (ind/ha) por forma de vida de las especies registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia 318

Figura III.157. Comparación de las abundancias y densidades por especie de árbol registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 320

Figura III.158. Comparación de las abundancias y densidades por especie de arbustos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 322

Figura III.159. Comparación de las abundancias y densidades por especie de cactáceas y/o rosetófilas registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 323

Figura III.160. Comparación de las abundancias y densidades por especie de epífitas y/o trepadoras registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 324

Figura III.161. Comparación de las abundancias y densidades por especie de arbustos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia 326

Figura III.162. Comparación del Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener (H') por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia 327

Figura III.163. Comparación del Índice de Biodiversidad Máxima de Shannon-Wiener (H'max) por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia 327

Figura III.164. Comparación del Índice de Simpson (λ) por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia. 328

Figura III.165. Comparación del Índice de Jaccard (J') por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia. 329

Figura III.166. Serie de Números de Hill por forma de vida dentro de la RE. Elaboración propia 330

Figura III.167. Serie de Números de Hill por forma de vida dentro del AP. Elaboración propia. 330

Figura III.168. Incidencia de las Provincias Biogeográficas con respecto a la RE y AP. Elaboración propia. 338

Figura III.169. Incidencia **de las Provincias Herpetográficas** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia. 345

Figura III.170. Incidencia **de las Provincias Mastozoológicas** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia. 346

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.171. **Diseño de los transectos lineales para la captura de datos de la fauna silvestre. Elaboración propia**.....349

Figura III.172. **Herramientas utilizadas para realizar la búsqueda activa**.....352

Figura III.173. **Búsqueda activa de individuos de herpetofauna (anfibios y reptiles). Elaboración propia**.....353

Figura III.174. **Registro de especies de aves a través de los transectos. Elaboración propia.**....355

Figura III.175. Ejemplo de huellas de *Canis latrans* (Coyote).....356

Figura III.176. Registro de excreta de mamífero en campo. Elaboración propia.....356

Figura III.177. **a) Trampa Sherman, b) Trampa Tomahawk. Elaboración propia.**.....359

Figura III.178. **Diagrama técnico del uso de Trampas Sherman. Elaboración propia.**.....360

Figura III.179. **Diagrama técnico: Funcionamiento de Trampas Tomahawk. Elaboración propia.**.....360

Figura III.180. **Evidencia de colocación de Trampas Sherman para el registro de fauna. Elaboración propia**.....364

Figura III.181. **Evidencia de colocación de Trampas Tomahawk para el registro de fauna. Elaboración propia**.....365

Figura III.182. **Diagrama técnico: Funcionamiento de Redes niebla. Elaboración propia**.....366

Figura III.183. **Colocación de redes de niebla para la captura de animales nocturnos. Elaboración propia**.....367

Figura III.184. CAEs de RE y AP. Elaboración propia. Elaboración propia.....369

Figura III.185. Registro de abundancias de fauna por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.....375

Figura III.186. Registro de abundancias por grupo faunístico por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.....375

Figura III.187. Registro de riqueza de fauna por hexágonos de dimensiones fijas en la RE.....376

Figura III.188. Riqueza de los grupos faunísticos por hexágonos de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.....377

Figura III.189. Distribución de individuos de fauna bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.....378

Figura III.190. Riqueza de fauna bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.....378

Figura III.191. Distribución de individuos de anfibios bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.....379

Figura III.192. Riqueza de anfibios bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.....380

Figura III.193. Distribución de individuos de aves bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.....381

Figura III.194. Riqueza de aves bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.....382

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.195. Distribución de individuos de mamíferos bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. 383

Figura III.196. Riqueza de mamíferos bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia. 384

Figura III.197. Distribución de individuos de reptiles bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia. 386

Figura III.198. Riqueza de reptiles bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia. 386

Figura III.199. Número de especies potenciales por hábito migratorio. Elaboración propia....388

Figura III.200. **Comparación de la riqueza por grupo faunístico en la RE (colores oscuros) y AP (colores claros). Elaboración propia.** 394

Figura III.201. **Comparación de abundancias por grupo faunístico en la RE (colores oscuros) y AP (colores claros). Elaboración propia.** 394

Figura III.202. **Comparación de las especies de fauna registradas dentro de la RE (izquierda) y AP (derecha). Elaboración propia.** 395

Figura 203. Registro fotográfico de algunas especies de fauna registradas en el AP. Elaboración propia. 404

Figura III.204. **Comparación de especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro de la RE y AP. Elaboración propia.** 406

Figura III.205. **Comparación de especies identificadas dentro de los apéndices de la CITES dentro de la RE y AP. Elaboración propia.** 406

Figura III.206. **Comparación de especies identificadas con riesgo internacional conforme a la Lista Roja de la IUCN dentro de la RE y AP. Elaboración propia.** 406

Figura III.207. Comparación de abundancia de anfibios identificados dentro de la RE y AP. Elaboración propia....407

Figura III.208. Comparación de abundancia de reptiles identificados dentro de la RE y AP. Elaboración propia.... 408

Figura III.209. Comparación de abundancia de aves identificadas dentro de la RE y AP (1). Elaboración propia.... 410

Figura III.210. Comparación de abundancia de aves identificadas dentro de la RE y AP (2). Elaboración propia.... 411

Figura III.211. Comparación de abundancia de mamíferos identificados dentro de la RE y AP. Elaboración propia....412

Figura III.212. **Índice de Shannon-Wiener (H') de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia**....413

Figura III.213. **Máximo de índice de Shannon-Wiener (H') de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia**....413

Figura III.214. **Índice de Equitatividad de Pielou (J') de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia**....413

Figura III.215. **Índice de Simpson (λ) de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia**....413

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.216. **Serie de números de Hill de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia**.....413

- Figura 217. Distribución de las especies registradas en la RE. Elaboración propia.....437

Figura III.218. Incidencia y cercanía de las Áreas de Importancias para la Conservación de las Aves (AICAs) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....438

Figura III.219. Incidencia y cercanía de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....439

Figura III.220. Incidencia y cercanía de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....447

Figura III.221. Fauna registrada dentro del ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.....455

Figura III.222. Porcentaje de fauna registrada dentro del ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.....455

Figura III.223. Especies endémicas registradas dentro del ANP Barranca de los ríos Santiago y Verde. Elaboración propia.....457

Figura III.224. Porcentaje de especies endémicas registradas dentro del ANP Barranca de los ríos Santiago y Verde. Elaboración propia.....457

Figura III.225. **Familias florísticas reportadas en la Presa de Silva y áreas aledañas.**.....459

Figura III.226. **Especies endémicas de flora en la Presa de Silva y Áreas Aledañas. Elaboración propia**.....460

Figura III.227. **Riqueza de especies por grupo faunístico en la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia**.....460

Figura III.228. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia**.....461

Figura III.229. **Porcentaje de fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**.....462

Figura III.230. **Distribución de las especies de fauna silvestre en la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia.**.....462

Figura III.231. **Especies endémicas de la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia.**463

Figura III.232. **Porcentaje de especies endémicas en la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia**.....464

Figura III.233. **Familias florísticas reportadas en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia.** 465

Figura III.234. **Distribución de las especies en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia.**466

Figura III.235. **Flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia**.....468

Figura III.236. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia**.....468

CONSULTA PÚBLICA

Figura III.237. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**.....469

Figura III.238. **Porcentaje de fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**.....470

Figura III.239. **Distribución de las especies de fauna silvestre en el Cerro de Arandas. Elaboración propia.**.....470

Figura III.240. **Especies endémicas del Cerro de Arandas. Elaboración propia.**.....471

Figura III.241. Incidencia y cercanía de los Humedales con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....473

Figura III.242. Incidencia y cercanía de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....474

Figura III.243. Incidencia y cercanía de las Unidades de Manejo Ambiental (UMA) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....476

Figura III.244. Incidencia y cercanía de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....477

Figura III.245. Incidencia y cercanía de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....478

Figura III.246. Incidencia y cercanía de los Sitios RAMSAR con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....479

Figura III.247. Incidencia y cercanía de los Distritos de Riego con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....480

Figura III.248. Incidencia y cercanía de los Corredores Bioclimáticos con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....482

Figura III.249. Incidencia y cercanía de los SAPs con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.483

Figura III.250. Incidencia y cercanía de los SPECs con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.....485

Figura III.251. Incidencia y cercanía de los SPTs con respecto a la RE y AP. Elaboración propia..487

Figura III.252. Incidencia y cercanía de los SPRs con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.488

Figura III.253. Porcentaje de especies de la flora potencial del AMG. Elaboración propia.....491

Figura III.254. Número de especies registradas en la ZMG por familia botánica. Elaboración propia.....492

Figura III.255. Porcentaje de la abundancia de registros por grupo faunístico dentro del AMG. Elaboración propia.....494

Figura III.256. Número de especies registradas en del AMG por grupo faunístico. Elaboración propia.....495

Figura III.257. Distribución de las áreas verdes por municipio de la AMG. Elaborado con base en IMEPLAN (2022).....496

Figura III.258. Distribución de las Individuos arbóreos y arbustivos de las áreas verdes por municipio de la AMG. Elaborado con base en IMEPLAN (2022).....497

CONSULTA PÚBLICA

Figura III.259. Distribución de las Individuos arbóreos y arbustivos de las áreas verdes por municipio de la AMG. Elaborado con base en IMEPLAN (2022) 498

Figura III.260. Servicios ecosistémicos que proporciona el arbolado urbano dentro del AMG. Elaboración propia. 499

Figura III.261. **Familias florísticas reportadas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia** 506

Figura III.262. **Distribución de las especies en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia** 506

Figura III.263. **Flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia** 507

Figura III.264. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros** 509

Figura III.265. **Distribución de las especies de fauna silvestre en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros.** 510

Figura III.266. **Especies endémicas del Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros.** 511

Figura III.267. **Porcentaje de especies endémicas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros** 511

Figura III.268. **Familias florísticas del estrato arbóreo reportadas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.** 513

Figura III.269. **Familias florísticas de acuerdo con el IBUG reportadas para el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia** 513

Figura III.270. **Distribución de las especies en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia** 514

Figura III.271. **Flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia** 515

Figura III.272. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.** 516

Figura III.273. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia** 517

Figura III.274. **Distribución de las especies de fauna silvestre en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.** 518

Figura III.275. **Especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia** 519

Figura III.276. **Porcentaje de especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro.** 519

Figura III.277. **Familias con mayor riqueza del estrato arbóreo en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia** 521

Figura III.278. **Familias con mayor riqueza del estrato arbustivo y herbáceo en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia.** 522

Figura III.279. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia** 523

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.280. Población del municipio de Irapuato según el Censo Poblacional de 2020. 529
Figura III.281. Población del municipio de León según el Censo Poblacional de 2020..... 531
Figura III.282. Población del municipio de Purísima del Rincón según el Censo Poblacional de 2020. 533
Figura III.283. Población del municipio de San Francisco del Rincón según el Censo Poblacional de 2020. 534
Figura III.284. Población del municipio de Silao de la Victoria según el Censo Poblacional de 2020. 536
Figura III.285. Población del municipio de Acatic según el Censo Poblacional de 2020. 539
Figura III.286. Población del municipio de San Diego de Alejandría según el Censo Poblacional de 2020. 540
Figura III.287. Población del municipio de Arandas según el Censo Poblacional de 2020. 542
Figura III.288. Población del municipio de Tepatitlán de Morelos según el Censo Poblacional de 2020. 544
Figura III.289. Población del municipio de Zapotlanejo según el Censo Poblacional de 2020. 546
Figura III.290. Cobertura vegetal y uso del suelo. Elaboración propia..... 553
Figura III.291. Esquema general para la construcción de la red de conectividad ecológica. Elaboración propia. 559
Figura III.292. Integración de variables para la construcción del MCH...... 561
Figura III.293. Modelo de Hábitat Idóneo (MHI). Elaboración propia. 563
Figura III.294. Modelo de Calidad de Hábitat (MCH). Elaboración propia. 564
Figura III.295. Parches de hábitat. Elaboración propia..... 565
Figura III.296. Modelo de Resistencia (MDR). Elaboración propia...... 566
Figura III.297. Corredores de menor costo. Elaboración propia. 567
Figura III.298. Corredores con costo acumulado. Elaboración propia. 568
Figura III.299. Zonas de interés para la continuidad de la conectividad. Elaboración propia. 569
Figura III.300. Calidad y unidades paisajísticas de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. 578
Figura III.301. Cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII. Elaboración propia..... 592
Figura III.302. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (1/4). Elaboración propia..... 594
Figura III.303. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (2/4). Elaboración propia..... 595
Figura III.304. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (3/4). Elaboración propia..... 596

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.305. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (4/4). Elaboración propia.....597

Figura III.306. Calidad ecosistémica regionalizada dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.....605

CONSULTA PÚBLICA





ACRÓNIMOS

AMG: Área Metropolitana de Guadalajara.
ANX. Anexo.
ATTRAPI: Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado.
AI: Área de Influencia.
AP: Área del Proyecto.
CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
CFE: Comisión Nacional de Electricidad.
CH: Cuenca hidrográfica.
CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.
Cr (VI): Cromo hexavalente.
DN: Diámetro normal.
EMA: Estación Metereológica Automatizada.
DOF: Diario Oficial de la Federación.
FVT: Faja Volcánica Transversal.
IMEPLAN: Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara.
INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático.
GSI: Sistema de clasificación geomecánico.
LGCC: Ley General de Cambio Climático.
LGDFS: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
MCH: Microcuenca hidrográfica.
m: Metro.
m^2. Metro cuadrado.
m^3: Metro cúbico.
mm: Milímetros.
N/A: No aplica.
PROAIRE: Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire.
RE: Región Ecológica.
RH: Región Hidrográfica.
RMR: Resistencia a compresión simple.
RQM: Índice de calidad de roca.
SCH: Subcuenca hidrográfica.
SICT: Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.
SIG: Sistema de información geográfica.
SIGACUA: Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas.
SIGEIA: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental.
SMG: Servicio Geológico Mexicano.
SMO: Sierra Madre Oriental
SMOC: Sierra Madre Occidental.
UTM: Universal Transverse Mercator.
VMS: Vientos máximos sostenidos.

CONSULTA PÚBLICA





CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

El proyecto "Tren de Pasajeros Irapuato - Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500" consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una nueva línea férrea destinada al transporte de pasajeros, con una longitud aproximada de 245.5 km, que conectará la ciudad de Irapuato, en el estado de Guanajuato, con la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco. El Área del Proyecto (AP) tiene una superficie total de 973.9649 ha (9,739,649.58 m²), calculada en QGIS bajo la proyección EPSG:6372 (México ITRF2008), equivalente a 983.4470 ha conforme a la metodología de cálculo del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA), y su trazo incide sobre 12 municipios distribuidos en dos entidades federativas: cinco en el estado de Guanajuato (Irapuato, Silao de la Victoria, León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón) y siete en el estado de Jalisco (San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic, Zapotlanejo y Tonalá). El trazo inicia en el Pk 0+000, en la zona del patio ferroviario de Irapuato, Guanajuato, y concluye en el Pk 245+500, en el municipio de Tonalá, Jalisco. De manera general, el proyecto integra de:

- 1 plataforma ferroviaria (conformada por terraplén, corte, tierra armada).
- 17 viaductos.
- 7 estaciones y paraderos de pasajeros.
- 371 obras de cruce hidráulico:
  - 289 obras de Drenaje Transversal (ODTs).
  - 82 puentes.
- 33 tramos de Obras de Drenaje Longitudinal.
- 23 pasos peatonales.
- 96 pasos superiores e inferiores:
  - 15 Pasos Superiores Ganaderos.
  - 49 Pasos superiores ferroviarios.
  - 12 Pasos inferiores ganaderos.
  - 20 Pasos inferiores ferroviarios.

El objetivo principal del proyecto es incrementar la conectividad regional de pasajeros entre la región del Bajío y el Área Metropolitana de Guadalajara, mediante un sistema ferroviario que opere de manera segura, eficiente y sustentable, en congruencia con los proyectos prioritarios de infraestructura ferroviaria impulsados a nivel federal.

Con base en lo anterior, y bajo el contexto de este proyecto, se presenta la descripción de la **Región Ecológica** (RE) y la problemática detectada dentro de ella, esto con la finalidad de conocer su contexto actual previo a la implementación del proyecto, y obtener los indicadores necesarios para la identificación de los posibles impactos ambientales, así como la definición de las medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico en el caso de autorizarse dicho proyecto

CONSULTA PÚBLICA





III.1. DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

De acuerdo con la Fracción XXXI del Artículo 3º la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se define como Región Ecológica (RE) como *La unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes,* por lo que en Materia de Impacto Ambiental (MIA), su delimitación es fundamental para conocer las problemáticas ambientales dentro de esta unidad dada, y figura de análisis que ha sido instaurada dentro del ACUERDO por el que se dan a conocer las medidas de simplificación administrativa aplicadas, se expiden y modifican los formatos de los trámites a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia de impacto ambiental (DOF - Diario Oficial de la Federación) del 01 de abril de 2026. No obstante, elementos como la fisiografía, hidrología, uso de suelo, ordenamientos ecológicos en todas sus escalas, así como aspectos biológicos y biogeográficos son indispensables para generar una unidad discreta de análisis ambiental.

Su delimitación es un ejercicio muy puntual en donde el punto de partida son sus atributos bióticos y abióticos, y la ubicación del proyecto, así como sus obras a la vialidad, ya que su naturaleza requerirá consideraciones particulares para la conceptualización de la RE. No obstante, elementos como la fisiografía, hidrología, uso de suelo, ordenamientos ecológicos en todas sus escalas, así como aspectos biológicos y biogeográficos son indispensables para generar una unidad discreta de análisis ambiental.

III.1.1. Argumentos básicos para la delimitación

A continuación, se presentan los rasgos empleados para la delimitación de la RE:

A) Cuencas hidrológicas, subcuencas y microcuencas.

A. CUENCAS HIDROLÓGICAS, SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS

El área de proyecto (AP) se encuentra en las regiones hidrológicas administrativas VIII Lerma-Santiago-Pacífico y VII Cuencas Centrales del Norte, en las regiones hidrológicas No. 12 Lerma-Santiago, N° 14 Ameca y N° 26 Pánuco R. Lerma-Salamanca, R. Lerma-Chapala, L. Chapala, R. Santiago-Guadalajara, R. Laja, R Verde Grande, R. Juchipila, P. La Vega y R Tamuín, en las subcuencas R. Huicicila y R. Ixtapa de acuerdo con la Red Hidrográfica 2.0 de INEGI y cotejado con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA). Con base en lo anterior, se identificaron a las subcuencas de influencia directa dentro del área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.1. Microcuencas empleadas para la delimitación de la RE. Elaboración propia.

Clave de subcuencas	Nombre de la subcuenca
RH12Bd	R. Guanajuato
RH12Eg	R. Calderón
RH12Ee	R. Zula
RH12Ef	R. La Laja
RH12Ec	R. Verde- P. Santa Rosa
RH12If	R. San Miguel
RH12Eb	R. Corona- R. Verde
RH12Ie	R. del Valle
RH12Id	R. Tepatitlán
RH12Bf	R. Turbio - Manuel Doblado
RH12Ig	R. de los Lagos
RH12Be	R. Turbio - P. Palote

Con base en el análisis anterior, a través de la superposición vectorial empleando el programa de código abierto QGis®, se delimitó la Región Ecológica (RE) conforme a lo siguiente:

1. Límite Noroeste y Norte: La delimitación de la Región Ecológica inicia en su extremo noroeste siguiendo el parteaguas de la subcuenca R. Verde - P. Santa Rosa. El límite continúa hacia el este y noreste colindando sucesivamente con las subcuencas de R. Chico, R. Cuixtla, R. Juchipila - Moyahua, R. Verde Grande, R. Aguascalientes y R. Grande hasta alcanzar el extremo septentrional de la subcuenca R. de los Lagos.
2. Límite Noreste y Este: Desde el punto más septentrional de la subcuenca R. de los Lagos, la delimitación se proyecta hacia el sur y sureste siguiendo los límites orientales de las subcuencas R. Turbio - P. Palote y R. Guanajuato, las cuales marcan la frontera oriental del Región Ecológica frente a las subcuencas de R. Laja - Peñuelitas y A. Temascatío.
3. Límite Sureste y Sur: En el extremo sureste, el límite bordea la subcuenca R. Guanajuato y se dirige hacia el oeste-suroeste, integrando las subcuencas de R. Turbio - Manuel Doblado y R. Zula. En este sector meridional, la RE colinda con las subcuencas de R. Salamanca-Angulo, R. Turbio - Corralejo, R. Huascato, R. Ángulo - R. Briseñas, R. Briseñas.
4. Límite Suroeste: Continuando hacia el oeste, la delimitación integra las subcuencas de R. Calderón, R. La Laja y R. Corona-R. Verde, manteniendo su límite sur en contacto con la subcuenca L. Chapala - R. Corona y L. Chapala.
5. Cierre de la Delimitación (Oeste): Finalmente, desde el sureste de la subcuenca R. Corona-R. Verde, el límite asciende hacia el noroeste para cerrar el polígono en la subcuenca R. Verde - P. Santa Rosa, dejando hacia el exterior (oeste) las subcuencas L. de San Marcos, R. Salado y P, Santa Rosa- R. Bolaños.

CONSULTA PÚBLICA



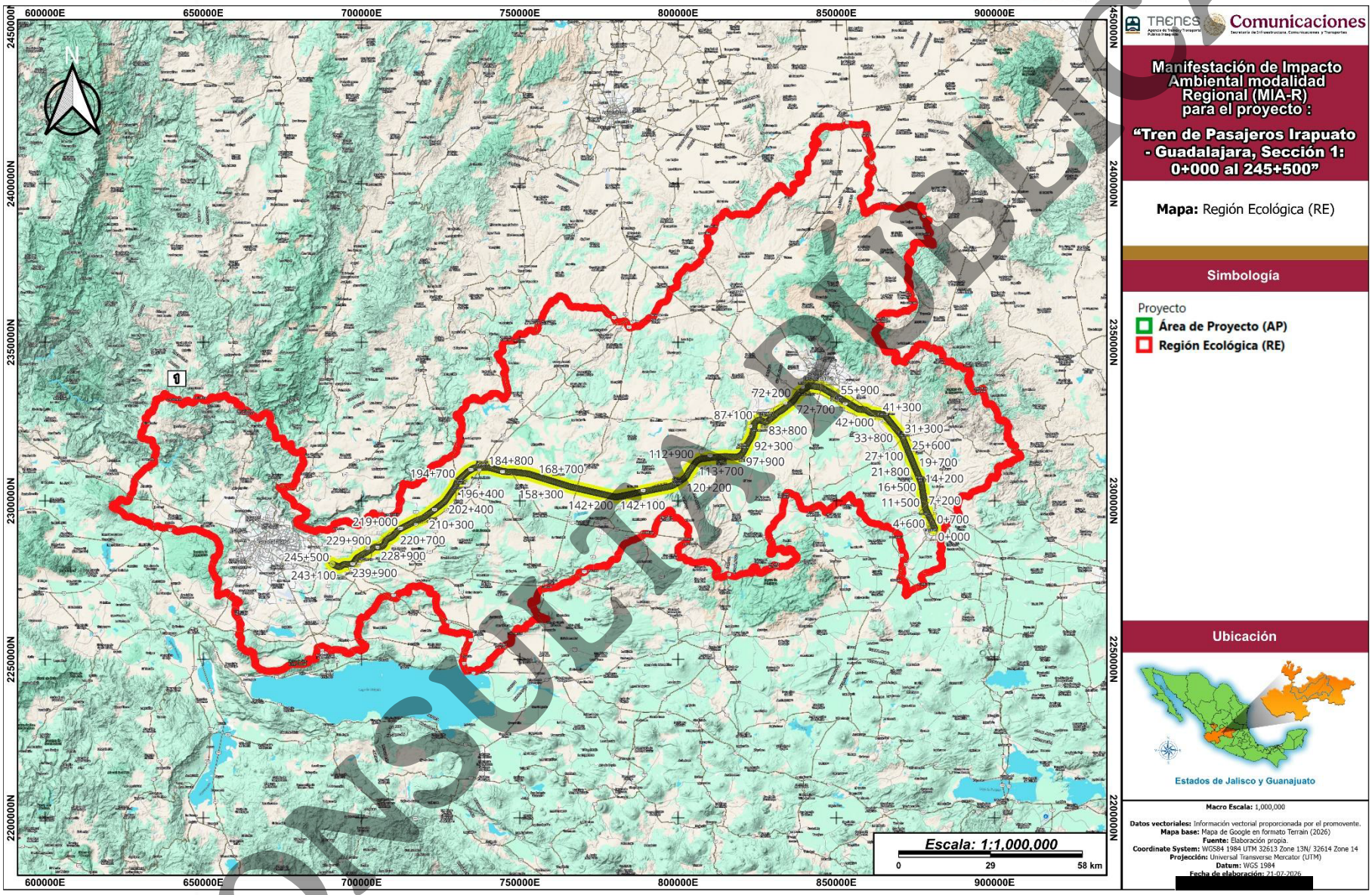


Figura III.1. Delimitación de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA





Otros atributos que fueron considerados en donde se destaca la congruencia de la delimitación y caracterización de la Región Ecológica (RE) fueron las siguientes regionalizaciones:

Provincias geológicas: se encuentra ubicada dentro de las siguientes 3 provincias geológicas de Complejo Orogénico Zacatecano, Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental y Faja Volcánica Transmexicana, presentando una mayor incidencia en la provincia geológica de Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental con 64.34%, seguida del Complejo Orogénico Zacatecano en un 29.52% sobre la superficie total.

Provincias y subprovincias fisiográficas: incide sobre 3 provincias fisiográficas y 1 cuerpo de agua perenne, de las cuales se encuentra en mayor medida en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico con un 81.59 %, seguida de la Mesa del Centro con un 14.36 %. En el caso de las subprovincias fisiográficas, la RE incide sobre 9 de ellas y 1 cuerpo de agua perenne, abarcando una mayor extensión sobre la denominada Altos de Jalisco con un 46.57 % de incidencia, seguida de Bajío Guanajuatense en un 15.91 %, y de Chapala en un 11.23 %.

Divisiones florísticas: se determinó la incidencia dentro de 4 Divisiones Florísticas conforme a lo siguiente: se incide dentro de un 91.41 % dentro de la denominada Altiplanicie, seguida de la Costa Pacífica con un 4.56 %, después de la Sierra Madre Oriental con un 2.07 %, y por último dentro de la Sierra Madre Occidental en un 1.96 %.

Ecorregiones florísticas: se incide dentro de 3 Ecorregiones Florísticas Nivel I conforme a lo siguiente: el 85.67 % corresponde a Elevaciones Semiáridas Meridionales, en 11.05 % dentro de Sierras Templadas y el 3.28 % restantes dentro de las Selvas Cálido-Secas. Para el Área del Proyecto (AP) se presentan la incidencia dentro de las Elevaciones Semiáridas Meridionales en un 86.47 % y en Sierras Templadas en un 13.53 %.

Provincias biogeográficas: incide dentro de 3 Provincias Biogeográficas conforme a lo siguiente: se incide dentro del Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino) en un 65.91 %, seguido del Eje Volcánico en un 33.24 %, y finalmente en un 0.84 % dentro de la Sierra Madre Occidental.

Provincias herpetográficas: se encuentran dentro de 1 Provincia Herpetográfica, siendo esta la denominada Eje Neovolcánico.

Provincias mastozoológicas: incide dentro de 2 Provincias Mastozoológicas conforme a lo siguiente: se incide dentro de la Provincia Volcánico-Transversa en un 56.33 %, y seguida de la Provincia Zacatecana en un 43.67 %.

Al conjuntar esta información, se delimitó la **Región Ecológica (RE) con una superficie de 1,964,219 ha (19,642,189,104 m²) (ANX II. Vectores>Región Ecológica RE)** en formato UTM 32613 y 32614 (corroborado en SIGEIA). A través de esta RE se realizará el diagnóstico de los componentes ***Clima, Aire, Suelo, Agua*** y ***Biodiversidad.***

CONSULTA PÚBLICA



III.1.2. Metodología de la delimitación del Área de Influencia (AI)

El Área de Influencia es el área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir el rango de afectación del proyecto, el cual dependerá de variables tanto ambientales, como del diseño de la infraestructura (Milne *et al.* 1996). Típicamente los efectos de una carretera sobre la ecología de un sistema ambientan se extienden varias veces la amplitud del proyecto y abarcan un polígono asimétrico que refleja una serie de variables ecológicas con distancias diferentes desde cada punto de la carretera debido a la pendiente, dirección del viento, tipo de suelo, presencia humana y calidad ambiental, entre otras variables. Dicho polígono es denominado Área de Influencia (AI), definiéndose como la extensión máxima de las afectaciones directamente provocadas por las actividades del proyecto, en donde la etapa de mayor afectación es la construcción de la infraestructura.



Figura III.2. Representación esquemática de las interacciones consideradas para la delimitación del Área de Influencia (AI). (Tomado de Milne et al. 1996).

La metodología utilizada se encuentra basada de los trabajos de Forman and Alexander (1998) publicada en el artículo *Roads and Their Major Ecological Effects (Los Caminos Y Sus Principales Efectos Ecológicos)*: Esta unidad de análisis se delimitó tomando en cuenta las características del proyecto y los posibles impactos a generar por el desarrollo de este tipo de proyecto (Estación de Carga). El polígono preliminar de AI fue procesado en el sistema de información geográfica *QGis 3.24.0* en DATUM WGS84 y proyección UTM Zona 13 y 14, por medio de la generación de un polígono búfer de 1,600 m (800 m por lado, siendo esta la distancia máxima arbitraria definida por los estudios de Forman *et al* (1998)).

CONSULTA PÚBLICA



Posteriormente para definir el área de afectación tomando en consideración los antecedentes de la investigación de la ecología de caminos (*Road Ecology*) principalmente, es necesario definir las zonas con vegetación conservada, semiconservada o relictual donde se considere la posibilidad de fauna por la afinidad al hábitat que vayan a ser fragmentados o ecosistemas frágiles que vayan a ser perturbados por el proyecto. En las zonas donde se tiene un impacto humano previo de consideración como son amplias áreas agrícolas o ganaderas se considera la extensión de afectación posible. La mayoría de las distancias están basadas en estudios específicos.

Con base en lo anterior, se definieron los siguientes impactos ambientales que pudieran ser causados por la ejecución del proyecto, los cuales fueron utilizados de manera auxiliar para la delimitación del Área de Influencia (AI). Estos impactos pueden revisarse con mayor detalle dentro del Capítulo IV.

Tabla III.2. Impactos ambientales identificados y empleados para la delimitación del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.

Medio	Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto ambiental presente
Elementos naturales abióticos	Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma
	Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos
		Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)
		Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo
		Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles
	Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas
		Acústica	Aumento en los niveles de ruido
	Hidrología	Dinámica hidrológica	Cambio en los patrones de escurrimiento
			Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua)
		Calidad del agua superficial y subterránea	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea
Biodiversidad	Vegetación	Estructura del ecosistema	Pérdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat
			Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona)
		Diversidad de la flora silvestre	Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre
		Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre
	Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)
			Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre
		Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre
		Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat
			Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura
		Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)
Social	Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos
			Incremento del nivel socioeconómico de la región
		Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público
		Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas
Cultural	Patrimonio cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.3. Componentes y factores susceptibles de presentar impactos ambientales, identificados y empleados para la delimitación del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.

Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma	En la Región Ecológica se encuentra el desarrollo de varios Bancos de material, cortes y terraplenes carreteros, caminos rurales, minería, urbanización y obras hidráulicas.	**Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, puntual a local, de intensidad media a alta; modifica pendientes, microrelieves y estabilidad superficial. Las modificaciones del relieve alteran la dinámica geomorfológica, favoreciendo procesos erosivos y cambios en la estabilidad del terreno (Tarbuck *et al.*, 2020; Pedraza, 1996).
Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos	Según la INEGI se encuentra dentro de la Región Ecológica actividades de Talleres automotrices y de maquinaria pesada, estaciones de servicio, tiraderos clandestinos, actividades agropecuarias, minería, maquinaria y transporte.	**Impacto Negativo**, temporal o persistente, puntual, intensidad variable; puede generar acumulación de hidrocarburos, metales, residuos sólidos y cambios en pH, salinidad o materia orgánica. Los derrames y residuos modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo y reducen su calidad ambiental (Brady & Weil, 2017; FAO, 2015).
	Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)	Debidos a los desmontes, sobrepastoreo, agricultura de temporal, apertura de caminos, bancos de material y pérdida de cobertura vegetal.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; favorece pérdida de suelo fértil, arrastre de sedimentos y reducción de productividad edáfica. La remoción de cobertura vegetal incrementa la erosión hídrica y eólica (Morgan, 2005; FAO, 2015).
	Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo	Carreteras, zonas urbanas, patios de maniobra, terracerías, tránsito de maquinaria y actividades ganaderas.	**Impacto Negativo**, permanente, puntual a local, intensidad media; reduce infiltración, aumenta escurrimientos y limita aireación del suelo. La compactación disminuye la infiltración y la aireación del suelo (Brady & Weil, 2017).
	Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles	Sobreexplotación de acuíferos, urbanización, infraestructura lineal, extracción de materiales y compactación.	**Impacto Negativo**, permanente, local, intensidad media a alta; puede asociarse con subsidencia, agrietamientos y pérdida de estabilidad del terreno, especialmente en zonas con extracción intensiva de agua subterránea. La sobreexplotación de acuíferos favorece subsidencia en zonas susceptibles (CONAGUA, 2024).
Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas	Tránsito vehicular en carreteras y caminos, actividad industrial, urbanización, operación de maquinaria pesada	**Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, permanente, intensidad media. Se generan emisiones de GYCEI principalmente de los combustibles fósiles, así como del polvo por tránsito vehicular sobre caminos y por actividades de construcción y extracción de materiales, lo que contribuye al deterioro de la calidad del aire y al incremento de gases de efecto invernadero. (IPCC, 2023; SEMARNAT, 2023).
		Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas	Áreas con cobertura vegetal conservada, programas de restauración y reforestación, prácticas agrícolas de conservación, control de emisiones industriales y vehiculares	**Impacto Positivo**, local a regional, acumulativo, de mediano a largo plazo, intensidad baja a media. La cobertura vegetal existente contribuye a la captura de dióxido de carbono y a la retención de partículas suspendidas, favoreciendo el mantenimiento de la calidad del aire en áreas con limitada actividad industrial y

CONSULTA PÚBLICA





Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
				baja densidad poblacional. Las medidas de revegetación y control reducen emisiones difusas en el ambiente (IPCC, 2023).
	Acústica	Aumento en los niveles de ruido	Tránsito vehicular en carreteras y caminos, actividad industrial, urbanización, operación de maquinaria pesada	**Impacto Negativo**, temporal a permanente, local, intensidad media. El funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipos genera un incremento en los niveles de presión sonora, pudiendo alterar el ambiente acústico y ocasionar molestias a la población y perturbación de la fauna silvestre, particularmente en zonas cercanas a las fuentes emisoras. El ruido modifica el comportamiento de fauna y afecta el bienestar de la población aledaña (WHO, 2018).
Hidrología	Dinámica hidrológica	Cambio en los patrones de escurrimiento	Caminos, terracerías, obras de drenaje, urbanización, desmontes y compactación del suelo.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; modifica la dirección, velocidad y volumen del escurrimiento superficial. Las superficies impermeables alteran el balance hidrológico en la RE (Chow et al., 1988; Dingman, 2015).
		Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua)	Sellamiento del suelo, pavimentos, compactación, deforestación y expansión urbana.	**Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media; reduce almacenamiento hídrico y puede incrementar presión sobre acuíferos. Debido a las actividades que implican el sellamiento de suelo se ha visto que la infiltración de agua a aguas subterráneas disminuye por pérdida de permeabilidad (CONAGUA, 2024; Chow et al., 1988).
	Calidad del agua superficial y subterránea	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea	Descargas urbanas, residuos, agroquímicos, minería, talleres, derrames y arrastre de sedimentos.	**Impacto Negativo**, temporal a persistente, puntual a regional, intensidad variable; puede alterar turbidez, nutrientes, hidrocarburos, metales y carga orgánica. La calidad del agua se ha visto deteriorada por la acumulación de sedimentos y contaminantes en cuerpos de agua (CONAGUA, 2024).
Vegetación	Estructura del ecosistema	Perdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat	Agricultura, ganadería, caminos, crecimiento urbano, minería, aprovechamientos forestales y cambio de uso de suelo.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media a alta; reduce conectividad, cobertura y continuidad de comunidades vegetales. La pérdida de cobertura reduce servicios ecosistémicos y resiliencia (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2016). La fragmentación incrementa el efecto de borde y reduce conectividad (Forman & Godron, 1986; Fahrig, 2003).
		Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona)	Desmontes, incendios, sobrepastoreo, especies invasoras, extracción de leña y disturbios recurrentes.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; altera regeneración natural, dispersión, polinización y resiliencia del ecosistema. Debido a estas actividades los disturbios modifican la sucesión ecológica (Pickett & White, 1985).
	Diversidad de la flora silvestre	Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre	Remoción de vegetación, tránsito, aprovechamiento forestal, expansión agrícola y ganadera.	**Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; puede reducir abundancia, cobertura, reclutamiento y composición florística. La remoción de la vegetación ha ocasionado una alteración en los hábitats

CONSULTA PÚBLICA





Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
				de las especies locales lo que a afectado en su riqueza y abundancia florística (Rzedowski, 2006).
	Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre	Desmonte, extracción, fragmentación, incendios, caminos y cambio de uso de suelo.	**Impacto Negativo**, significativo cuando involucra especies en riesgo, puntual a local, intensidad media a alta; requiere rescate, reubicación y monitoreo. Las especies en riesgo requieren medidas específicas (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2024; CITES, 2023).
Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)	Tránsito vehicular, maquinaria, asentamientos, iluminación nocturna, industria y construcción.	**Impacto Negativo**, temporal o recurrente, local, intensidad baja a media; puede provocar desplazamiento, abandono de nidos, madrigueras o zonas de alimentación. El ruido y la luz alteran el comportamiento y la reproducción de las especies locales (Primack, 2020).
		Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre	Pérdida de hábitat, atropellamientos, cacería, fragmentación, contaminación y presencia humana.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; afecta disponibilidad de refugio, alimento y sitios reproductivos. Las poblaciones de las especies que habitan en ese lugar se ven afectadas por lo que se requiere su rescate y monitoreo (SEMARNAT, 2010).
	Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre	Cambio de uso de suelo, caminos, tráfico vehicular, captura, perturbación y pérdida de hábitat.	**Impacto Negativo**, potencialmente significativo, local, intensidad media a alta; requiere acciones de rescate, ahuyentamiento, reubicación y seguimiento. La reducción del hábitat disminuye poblaciones sobre todo las de las especies más expuestas o en peligro de extinción (Primack, 2020).
	Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat	Caminos, líneas de infraestructura, agricultura, ganadería, minería y urbanización.	**Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media a alta; reduce refugios, madrigueras, perchas, sitios de anidación y rutas de desplazamiento. La pérdida de hábitat ha afectado el refugio y alimentación de muchas especies locales (Forman, 1995).
		Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre	Infraestructura lineal, cercos, carreteras, crecimiento urbano y pérdida de vegetación.	**Impacto Negativo**, sinérgico y acumulativo, local a regional, intensidad media; limita flujo genético y movilidad de especies. La conectividad ecológica disminuido debido a la implementación de infraestructura lineal y el desarrollo urbano (Fahrig, 2003).
Paisaje	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura	Carreteras, bancos de material, líneas eléctricas, urbanización, desmontes y obras industriales.	**Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; modifica naturalidad, visibilidad y armonía del paisaje. La infraestructura dentro de la RE ha modificado la percepción visual del paisaje (Farina, 2006).
	Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)	Remoción de vegetación, erosión, apertura de caminos, expansión urbana y pérdida de suelo superficial.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; aumenta vulnerabilidad visual y ecológica del territorio. La pérdida de cobertura debido a las actividades y obras de infraestructura previas dentro de la RE ha ocasionado un incremento de la fragilidad paisajística (Forman & Godron, 1986).

CONSULTA PÚBLICA





Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos	Construcción, operación de infraestructura, servicios, comercio local e industria.	**Impacto Positivo**, temporal a permanente, local a regional, intensidad media; favorece contratación directa e indirecta. En los últimos años el incremento de empleos e ingresos en las localidades y municipios dentro de la RE ha crecido de manera favorable (INEGI, 2020). así mismo se puede observar a mayor detalle en el apartado socioeconómico del capítulo III
		Incremento del nivel socioeconómico de la región	Obras públicas, inversión privada, conectividad, comercio y servicios.	**Impacto Positivo**, acumulativo, local a regional, intensidad baja a media; puede fortalecer cadenas productivas y derrama económica. La derrama económica en la RE debido al desarrollo de proyectos de obras públicas y la introducción de empresas y negocios locales ha generado el desarrollo de miles de empleos que sustentan a la población local (CONEVAL, 2023).
	Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público	Carreteras, transporte regional, infraestructura ferroviaria o vial, caminos de acceso.	**Impacto Positivo**, permanente, regional, intensidad media; mejora movilidad, acceso a servicios y comunicación entre localidades. Dentro de la Región Ecológica existen muchas rutas y vialidades que permiten a los usuarios reducir tiempos de transporte y mejorar accesibilidad (SICT, 2023).
	Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas	Programas sociales, consulta, empleo local, conservación comunitaria y aprovechamientos tradicionales.	**Impacto Positivo** si existe participación efectiva por parte de la comunidad indígena; **Impacto Negativo** si hay exclusión o afectación territorial de las comunidades indígenas. Duración variable, extensión local a regional, intensidad media. Debe garantizarse participación efectiva conforme a la legislación mexicana y brindarles oportunidades de crecimiento socioeconómico, así como salvaguardar el patrimonio y la cultura de estás comunidades.
Patrimonio Cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural	Obras lineales, excavaciones, caminos, bancos de material y movimientos de suelo.	**Impacto Positivo** cuando se permite el registro y rescate del patrimonio cultural de la nación; **Impacto Negativo**, si hay afectación no controlada y excavaciones excesivas. Puntual, permanente, intensidad alta por valor cultural. El INAH registra zonas arqueológicas en Durango, Querétaro y San Luis Potosí, por lo que debe considerarse salvamento arqueológico preventivo. (INAH). El salvamento arqueológico protege el patrimonio cultural y la historia de la nación (INAH, 2023).

El polígono es ajustado finalmente con las distancias definidas en el gráfico siguiente de acuerdo con la calidad ambiental principalmente, y de los criterios anteriormente mencionados, teniendo una mayor amplitud en las zonas de mayor rango de actividad de fauna y con mayor calidad ambiental. Finalmente se ajustó el polígono del AI con los criterios anteriores, lo que nos arrojó un polígono con una superficie de 40,784.58 ha (407,845,797 m^2)

CONSULTA PÚBLICA



(**ANX II. Vectores>Área de Influencia (AI)**) en formato UTM 32613 y 32614 (corroborado en SIGEIA), utilizando un buffer promedio de 1,600 m.

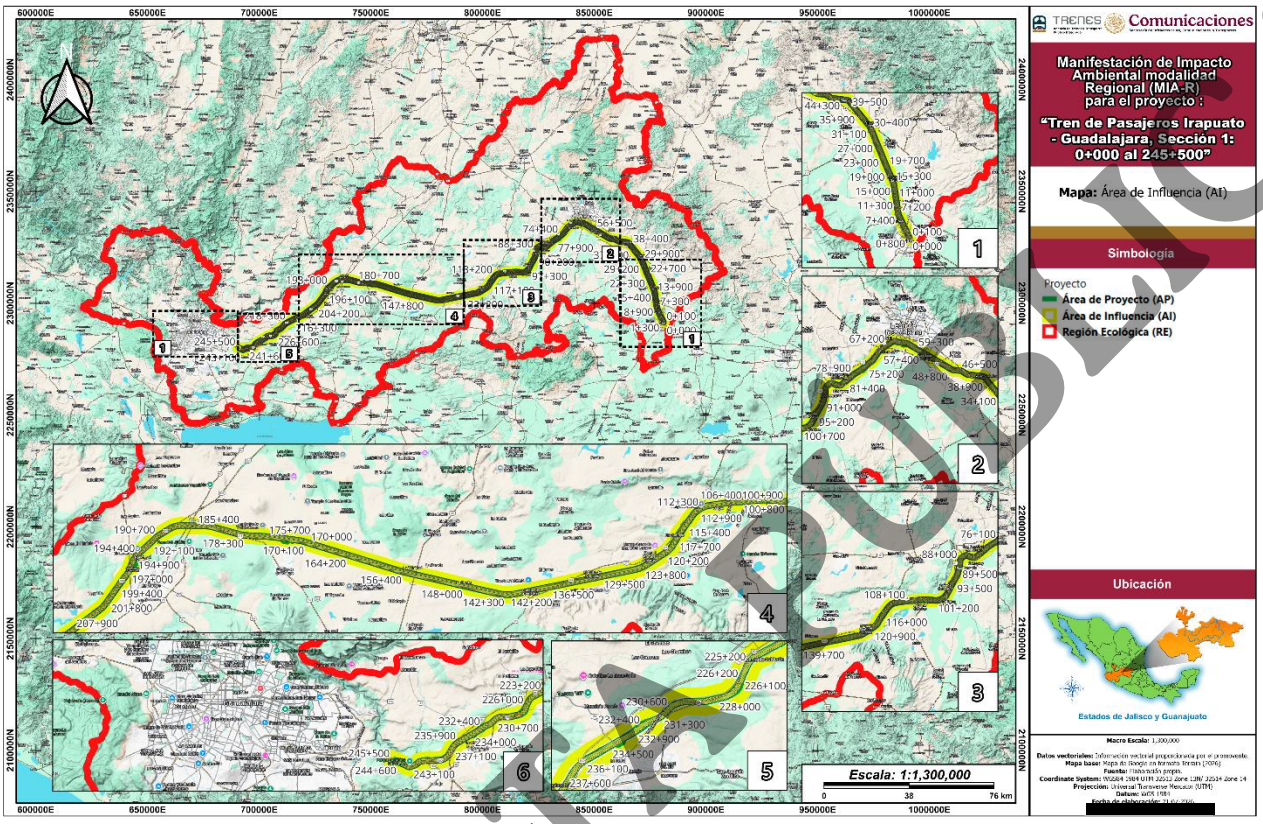


Figura III.3. Polígono del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.

A continuación, se presenta el análisis de incidencia y caracterización de los componentes ***Clima, Aire, Agua, Suelo, Geología y Biodiversidad*** a través del análisis del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA).

CONSULTA PÚBLICA



III.2. CLIMA

III.2.1. Unidades climatológicas

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.

Dentro de la Región Ecológica (RE) inciden 8 unidades climáticas: 2 semicálidas subhúmedas, 1 cálida subhúmeda, 1 semiárida semicálida, 1 semiárida templada y 3 templadas subhúmedas.

De ellas, la unidad climática con mayor superficie en la RE es (A)C(wo) que corresponde a semicálida subhúmeda, con un porcentaje de 38.49% el cual presenta una temperatura media anual mayor de 18°C, con el mes más frío con temperaturas menores a los 18°C y el del mes más caliente mayor a los 22°C, con lluvias con un porcentaje de lluvia en verano entre el 43.2% al 55% del total anual y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual. Y en segundo lugar de ocupación, encontramos a la (A)C(w1) que también corresponde a semicálida subhúmeda con una ocupación del 26.3 % en donde la temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual. El resto de las unidades climáticas presentan incidencias menores al 10 %.

Para el Área del Proyecto (AP), se incide dentro de 4 unidades climáticas: 2 semicálidas subhúmedas y 2 templadas subhúmedas. De ellas, la unidad climática con mayor incidencia es la (A)C(wo) con un 50.20 %, seguida de la (A)C(w1) con 27.47 %. El resto de unidades climáticas presenta incidencias menores al 12 %.

Tabla III.4. Incidencia de climas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Clima	Descripción	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.	5,166,094,562	26.3
(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	7,560,454,621	38.49
Awo	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	498,503,694	2.54
BS1hw	Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	847,618,513	4.32
BS1kw	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	1,487,065,376	7.57

CONSULTA PÚBLICA





Clima	Descripción	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
C(w1)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	1,788,982,257	9.11
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	655,964,103	3.34
C(wo)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.	1,637,505,979	8.34
Total		19,642,189,104	100

Tabla III.5. Incidencia de climas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Clima	Descripción	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.	2,701,464	27.47
(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	4,936,902	50.20
C(w1)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	1,004,357	10.21
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	1,191,749	12.12
Total		9,834,472	100.00

CONSULTA PÚBLICA





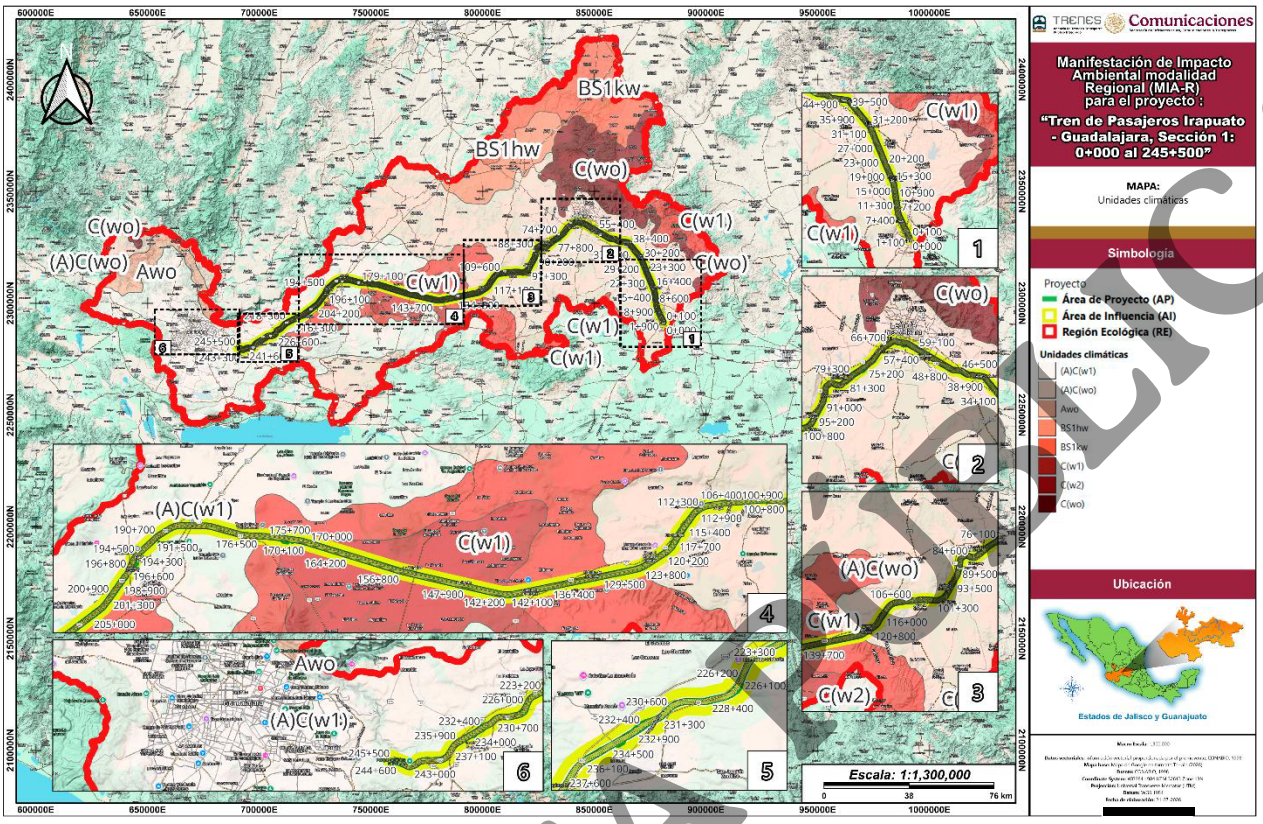


Figura III.4. Incidencia de las Unidades Climáticas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

a) Temperatura

De acuerdo con los datos históricos de las normales climatológicas más actualizadas por la CONAGUA, para la RE, se registraron un total de 58 estaciones, con una temperatura anual promedio de 19.18°C, donde el mes más frío corresponde a enero con una temperatura promedio de 14.89°C, mientras que los meses más cálidos son abril y mayo, siendo el mes de mayo en el que se encuentran mayores temperaturas con un promedio de 22.66° C como se observa en la siguiente tabla

Tabla III.6. Temperatura media normal promedio por estación climatológica. Elaboración propia.

Estación	Nombre y fecha actualizada	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
11004	Aldama (1991-2020)	14.7	16.2	18.4	20.8	22.3	22.2	21.3	21	20.8	19.3	17.2	15	19.1
11007	Calderones (1991-2020)	12.8	14.5	16.3	18.3	19.4	18.5	17.2	17.1	16.5	15.9	14.7	13.6	16.2
11020	El Palote (1991-2020)	15.4	17.6	20	22.4	24	23.5	22	22	21.4	20	17.8	15.9	20.2
11023	Guanajal (1991-2020)	14.7	16.3	18.4	21	22.9	22.5	21.1	20.9	20.6	19	16.6	14.7	19.1
11024	Guanajuato (OBS) (1991-2020)	15.1	16.9	19.3	21.6	23.1	22.5	21.3	21.5	20.6	19.3	17.2	15.5	19.5
11025	Hacienda De Arriba (1991-2020)	13.5	15.3	17.4	19.6	21.3	21.1	19.7	19.6	19.1	17.9	15.6	13.9	17.8
11028	Irapuato (1991-2020)	16	17.9	20.1	22.7	24.2	23.4	22	21.8	21.3	20.4	18.4	16.4	20.4
11035	La sandia (1991-2020)	14.6	16.8	19.1	20.9	22.9	23.1	22	21.6	21.1	19.6	17.5	15.5	19.6

CONSULTA PÚBLICA





Estación	Nombre y fecha actualizada	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
11040	Los Castillos (1991-2020)	15.8	17.8	20	22.1	23.5	22.9	21.3	21.4	21	19.9	18	16.2	20
11045	Media Luna (1991-2020)	14.1	15.1	17.8	19.5	20.3	19.8	19.1	19	18.6	18	15.2	13.6	17.5
11055	Purisima De Bustos (1991-2020)	13.9	16.1	18.8	21.7	23.8	23.6	21.7	21.6	20.9	19.2	16.2	14.3	19.3
11070	Santa Julia (1991-2020)	15.2	16.7	18.5	20.7	22.4	22	20.5	20.3	20.1	19.1	17.3	15.9	19.1
11071	Santa Maria (Dge) (1991-2020)	15	16.6	18.8	21	22.8	22.2	20.9	20.7	20.3	18.9	16.9	15.4	19.1
11073	Santa Rosa El Mineral	11.9	13	15.1	17.4	18.4	17.2	16.4	16.2	15.3	14.8	13.4	12.2	15.3
11074	Silao (Dge)	17.2	18.9	20.9	22.8	24.6	23.7	22.4	22.4	21.6	20.8	19.2	17.4	20.8
11094	Guanajuato (DGE)	15.5	17.2	19.7	22	24.1	23.5	22.2	21.8	21.3	19.6	17.9	15.8	20
11095	León (Dge) (1991-2020)	16.2	18.1	20.3	22.7	24.1	23.4	21.6	21.7	21.3	20.3	18.4	16.8	20.4
11124	El Chapin	14.7	16.2	18.1	20.7	22.7	22.5	21	20.8	20.3	19.1	17.1	15.2	19
11130	La Luz	12.3	13.3	15.4	17.2	18.3	17.4	16.3	16.4	16.4	15.5	13.5	12.4	15.5
11134	La Golondrina (1991-2020)	16.3	18.2	20.4	22.5	23.7	22.8	21.3	21.2	20.7	20.1	18.6	16.8	20.2
11135	Arperos	13.3	14.3	16.6	18.7	20.3	20.2	19.8	19.5	19	17.7	16	13.8	17.5
11137	Presa La Purisima	15.3	16.7	18.8	21.2	23	22.6	21.1	21	20.4	19.4	17.6	15.6	19.3
11138	Presa La Gavia	14.5	16.3	18.4	20.5	21.8	21.2	19.9	19.8	19.5	18.4	16.5	15	18.4
11150	San José El Alto (1991-2020)	13.2	14.5	16.9	19.3	20.7	19.9	19.4	18.8	18.2	16.9	15.1	13.8	17.2
11157	Peñuelas	15.4	16.7	18.9	20.9	22.6	22.1	21	20.8	20.2	18.8	16.6	15.4	19.1
11159	Presa El Barrial (1991-2020)	13.8	15.8	17.9	20.3	22.2	22.2	20.6	20.5	20	18.4	16.1	14.4	18.5
11162	Comanjilla	5	16.9	18.8	20.8	22.5	21.9	20.4	20.4	20	18.9	17.1	15.5	19
11165	Chichimequillas (1991-2020)	14.9	16.1	18.4	19.9	21.6	21.3	20.3	20.2	19.9	19.1	16.7	15.2	18.6
14016	Atequiza (1991-2020)	15.9	17.8	20	22.3	24.3	24	22.2	22.1	21.8	20.5	18	16.3	20.4
14017	Atotonilco El Alto	15.8	17.5	19.4	21.3	23.4	23.3	22	21.9	21.6	20.3	18.2	16.4	20.1
14033	Comanja De Corona	11.9	12.8	15.1	16.9	18.8	19.1	17.9	17.8	17.4	15.6	13.7	12.4	15.6
14038	Cuixtla (1991-2020)	20	22.1	24.5	27	29.5	29.4	26.7	26.6	26.4	25.3	22.5	20.2	25
14047	El Fuerte	15.9	17.6	19.9	22.1	23.4	23	21.9	21.9	21.6	20.3	18.1	16.5	20.2
14060	El Tule (1971-200)	13	14	16	18	20.3	20	18.4	18.2	17.9	16.8	15.2	13.8	16.8
14065	Guadalajara (Obs) (1991-2020)	15.7	17.4	19.5	21.8	23.8	23.9	22.3	22.3	22.1	20.8	18	16.3	20.3
14066	Guadalajara (Dge) (1991-2020)	17.4	19	21	23.1	24.6	23.7	21.8	21.8	21.5	21	19.3	17.7	21
14072	Huerta Vieja (1991-2020)	14.7	16.4	18.4	20.5	22.2	22	20.4	19.9	19.7	18.7	16.6	15.2	18.7
14083	Lagos De Moreno (Obs) (1991-2020)	15.4	17	19.1	21.2	23	22.7	21.3	20.9	20.6	19.4	17.6	15.7	19.5
14084	Lagos De Moreno (Dge) (1991-2020)	13.4	15.4	17.3	19.7	21.5	21.9	20.6	20.5	20	18.4	15.9	13.9	18.2
14087	La Red (1991-2020)	14.6	16.1	17.9	20.1	22.2	22.4	20.4	20.3	20.1	18.7	16.6	15.1	18.7
14090	La Yerbabuena (1991-2020)	16.9	18.6	20.4	22.3	23.9	23.3	21.7	21.6	21.7	20.8	19	17.2	20.6
14104	Palo Verde (1981-2010)	14.5	15.7	17.7	19.9	21.5	20.8	19.1	18.9	18.8	18.1	16.4	15	18
14114	Presa La Duquesa (1991-2020)	13.4	15.4	17.8	20.4	22.2	21.8	20.7	20.7	19.7	18.2	15.7	13.8	18.3
14123	San Diego De Alejandria (1981-2010)	14.7	16.1	18.3	20.2	22	21.9	20.1	20.2	19.4	18.9	16.7	15.2	18.6
14132	Tlaquepaque (1991-2020)	17.3	19.1	21.2	23.6	25.3	24.7	22.9	22.8	22.5	21.7	19.6	17.8	21.5
14157	Union De San Antonio (1961-1990)	16.3	17.1	18.8	21.2	23.4	23.7	22.5	22.5	22.3	21.4	19.1	17.3	20.5

CONSULTA PÚBLICA





Estación	Nombre y fecha actualizada	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
14169	Zapopan	16.6	18.5	20.5	22.7	24.3	23.6	21.8	21.8	21.5	20.8	18.9	17.1	20.7
14171	Zapotlanejo (Smn) (1991-2020)	16.7	17.8	19.9	22.2	24.1	23.9	22.1	21.9	21.5	20.3	18.2	17	20.5
14200	Toluquilla -Crae-	18	19.7	21.9	23.2	24.9	24.4	22.5	22.7	22.6	21.9	20	18.2	21.5
14202	Medrano	17.9	19.9	22	24.2	25.5	24.5	22.6	22.7	22.5	22	20.2	18.4	21.9
14266	San Gaspar De Los Reyes (1991-2020)	12.4	14.4	16.7	19.1	21.6	22.9	21.5	21.1	20.5	18.2	14.8	12.7	18
14320	La Sauceda	13.1	15.1	17.2	19.6	21.6	21.6	19.8	19.8	19.3	17.8	15.5	13.6	17.8
14329	La Experiencia (1991-2020)	16.9	18.7	20.8	23	24.9	24.3	22.2	22.2	22	21.2	19.2	17.4	21.1
14367	Tlacuitapan	14.4	15.3	17	18.7	20.2	20.9	20	19.9	18.6	17.1	15.8	14.2	17.8
14369	La Vaquera	13.6	15.2	16.9	19	20.7	20.3	18.6	18.5	18.2	17.2	15.6	14.2	17.3
14386	Tonalá	17.5	18.9	20.4	22	23.7	22.6	21.2	21.2	20.9	20.6	19.2	18	20.5
14392	Paso Del Cuarenta Ii (1991-2020)	13.5	15	16.6	18.7	20.9	21.8	20.4	20.5	19.9	18.2	15.9	14	18
14397	Presa Calderon	15.7	17.2	19.1	21.3	23.3	23.3	21.7	21.5	21.3	20.2	18	16.1	19.9
Promedio		14.89	16.67	18.77	20.94	22.66	22.33	20.88	20.77	20.35	19.22	17.17	15.48	19.18

b) Precipitación

La temporada de lluvias se presenta entre los meses de junio a septiembre acumulando caso el 83.89 % de la precipitación total, mientras que la precipitación acumulada normal es de 723.52 mm en promedio para las estaciones analizadas. El mes de julio presenta la mayor cantidad de incidencia pluvial, con un valor promedio de 186.47 mm. Por el contrario, el mes más seco es abril, con un valor promedio de 5.86 mm.

Tabla III.7. Precipitación promedio (mm) estación climatológica Cumbres de Huicicila - 18083. Elaboración propia.

Estación	Nombre y fecha actualizada	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
11004	Aldama (1991-2020)	5.1	2.8	2.8	8.3	18.3	66.7	118	80.2	67	21.7	5.9	1.4	398.2
11007	Calderones (1991-2020)	16.1	16.5	13	9.6	45.6	148.5	175.6	158.4	143.7	41.9	13.2	6.8	788.9
11020	El Palote (1991-2020)	12.9	12.6	7.8	6.7	30.9	129.7	150.7	148.5	116.5	39.7	11.1	7.2	674.3
11023	Guanajal (1991-2020)	17.2	11.2	9	3.9	31.9	123.2	174.1	137.4	117.8	37.9	11	7.1	681.7
11024	Guanajuato (OBS) (1991-2020)	18.2	14.8	12.9	12.4	41	138.4	187.8	147	131.3	43.1	9.9	6.6	763.4
11025	Hacienda De Arriba (1991-2020)	16	15.5	10.9	8.4	31.8	120.4	173.7	157.1	130.7	50.3	12.7	10.3	737.8
11028	Irapuato (1991-2020)	10.4	10.2	7.5	6.1	30.2	124	171.4	140.6	112.4	37.2	9	4.3	663.3
11035	La sandia (1991-2020)	11.1	10.2	5.7	4.3	32.1	140.5	161.6	124.9	110.9	39.8	8.3	7.4	656.8
11040	Los Castillos (1991-2020)	11.3	14.2	9.2	6.8	30.3	124.6	163.5	151.9	129.3	50.4	10.9	7.4	709.8
11045	Media Luna (1991-2020)	13.4	12.3	11.1	8.9	41.9	118.8	174	148.9	118.2	57.6	12.3	12.6	730
11055	Purisima De Bustos (1991-2020)	13.4	13.2	9.1	5.7	33.2	112.5	181.4	134	108.9	38.1	12.2	9.6	671.3
11070	Santa Julia (1991-2020)	11.4	11.7	11.9	6.8	24.7	107.3	166.2	148.9	138.1	35.4	12.1	3.5	678
11071	Santa María (Dge) (1991-2020)	10.3	11.1	10.8	6.8	27.6	110.3	150.1	146.4	129.8	27	10.9	4.2	645.3
11073	Santa Rosa El Mineral	25.3	15.4	12	15.2	50.6	166.3	185	161	152.9	56.1	17.6	11.9	730
11074	Silao (Dge)	11.8	7.1	9.1	5	30.9	110.2	189.9	167.5	109.2	36.8	12.1	8.9	608.9

CONSULTA PÚBLICA



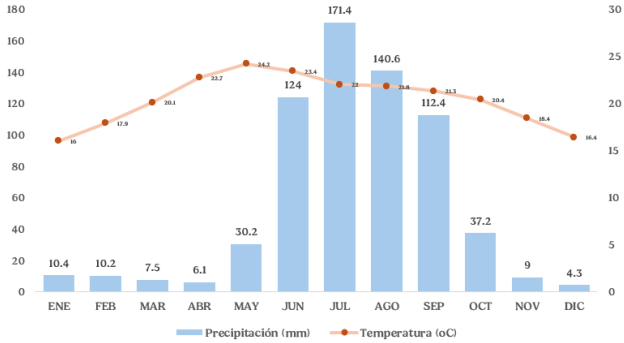


Estación	Nombre y fecha actualizada	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
11094	Guanajuato (DGE)	3.2	2	10	4.8	23.1	75.9	147.7	241.3	83.4	36.5	9.1	10.9	648
11095	León (Dge) (1991-2020)	2.8	13.3	8.9	8.2	28.1	119.8	187.9	170.4	126.1	37.7	9.9	7.2	730.3
11124	El Chapin	13.3	11.9	6.2	13.6	29.8	118	159.4	146.9	100.2	39.7	9.2	7.8	651.6
11130	La Luz	11.5	11.8	14.2	6.6	29	98.9	129.9	100	79.7	30.3	11.4	17.6	443.1
11134	La Golondrina (1991-2020)	12	13	8	4.5	32.3	140.8	186.5	138.6	127.8	42	10.2	3.5	719.2
11135	Arperos	12.8	10.3	6.9	6.3	33.3	106.4	118.8	131.1	103.3	40.9	15.7	7.6	502.8
11137	Presa La Purisima	10.3	9.8	8.2	6.5	27.9	108.9	158.5	143.9	96.2	34.3	7.4	6.5	559.3
11138	Presa La Gavia	10.6	8.8	6.4	9.1	27.3	103.3	168.5	125.6	102.4	34.8	13.2	5.5	577.3
11150	San José El Alto (1991-2020)	10.6	9.7	7.6	3.6	32	108.2	209.2	136	104.2	29.2	10.6	3.6	664.5
11157	Peñuelas	6.7	12.8	6	5	19.2	111.9	161.6	117.8	121	36.4	5.3	4.3	608
11159	Presa El Barrial (1991-2020)	11.5	11.6	8	4.2	32.7	110.8	163.1	135.6	110.1	38.5	8.3	6.4	640.8
11162	Comanjilla	14.2	14.2	9	6.8	31.8	114.6	158.8	138.8	93.5	38.2	7.3	5.8	633
11165	Chichimequillas (1991-2020)	11.6	9.7	6.7	5.1	21.4	82.7	123.3	121.3	94.5	33.8	12.1	10.5	532.7
14016	Atequiza (1991-2020)	15.7	11.8	6.9	3	24.1	185.8	212.9	172.2	128	51.5	11.8	2.8	826.5
14017	Atotonilco El Alto	17.9	14.5	10.4	2.9	45	160.5	210.5	186.4	157.2	50	13.6	6.1	875
14033	Comanja De Corona	18.7	15.4	7.2	13.5	30.6	127.3	172.1	157.3	133.8	51.5	13.2	14.7	642.9
14038	Cuixtla (1991-2020)	21.6	12.1	5.9	1.8	21.4	158.4	221.7	195	144.8	46.4	12.9	10.7	852.7
14047	El Fuerte	13.8	10.4	6	2	21.4	194.6	210.6	194	152.2	55.3	14.1	7.2	881.6
14060	El Tule (1971-200)	12.3	4.7	3.7	7.5	35.8	159.6	241.6	217.1	137.5	47.6	12.6	7	887
14065	Guadalajara (Obs) (1991-2020)	17.9	12.6	5	3.1	23.2	172.3	240.7	217.2	183	55.8	11.1	7.7	949.6
14066	Guadalajara (Dge) (1991-2020)	16.3	11	8.3	3.8	26.3	183.8	271.3	220.5	193.7	58.8	12.3	7.4	1014
14072	Huerta Vieja (1991-2020)	20.7	18.1	7.8	4	28.6	187.4	237.7	185.2	160.8	61.9	16	8.2	936.4
14083	Lagos De Moreno (Obs) (1991-2020)	6.8	17.4	8.2	8.7	19.8	71.5	96.6	89.7	75.7	31.8	8.6	8	442.8
14084	Lagos De Moreno (Dge) (1991-2020)	14.4	10.7	9.4	9.4	27.5	110.8	146.7	118.7	98.2	38.5	12.4	10.4	607.1
14087	La Red (1991-2020)	14.6	12.5	6	4.9	24.9	149.8	248.5	190.9	145.3	49.6	15.7	8	870.7
14090	La Yerbabuena (1991-2020)	19.8	12.6	7.1	4	25.3	172.1	223.3	193.5	165.5	57.5	16.3	9.6	906.6
14104	Palo Verde (1981-2010)	17.4	4.7	2.4	2.9	22.1	149.9	224.5	162.3	115.5	44.7	15.9	6.5	768.8
14114	Presa La Duquesa (1991-2020)	11.7	13.2	8.7	6.8	32.3	114.9	137.1	107.1	105.7	32	11.7	7.8	589
14123	San Diego De Alejandria (1981-2010)	15.8	13.5	4	1.7	34.3	113.2	161.8	140	107.5	32	9.3	10.2	643.3
14132	Tlaquepaque (1991-2020)	14.9	9.1	5.1	3.1	30.1	199.3	267.9	211.9	187.6	61.1	14.6	8	1013
14157	Union De San Antonio (1991-2020)	13.4	15.3	9.2	5.2	31.3	135.3	181.2	164	130	51.3	13.1	10.3	759.6
14169	Zapopan	19.7	13.2	5.1	3	23.6	205.2	282.2	220.3	192.7	60.3	11.7	8.8	1046
14171	Zapotlanejo (Smn) (1991-2020)	15.3	10.7	2.4	4.2	28.1	165.4	229.5	193.5	146.9	48.3	11.4	3.8	859.5
14200	Toluquilla -Crae-	4.3	9.1	9	0	29.2	141.3	199.2	163.2	170.5	52.4	20.2	8.8	676.9
14202	Medrano	10.7	9.5	15.8	0.2	29.1	160.5	268.9	196.4	187.1	48.8	16.9	5.6	947.3
14266	San Gaspar De Los Reyes (1991-2020)	12.7	12.7	5.7	4.9	17.7	123.2	168.1	135.6	110.2	39.4	8.7	6.9	645.8
14320	La Sauceda	14.6	14.9	7.9	8.8	26.6	110.3	162.9	126.6	107.2	46.5	11.7	9.1	647.1
14329	La Experiencia (1991-2020)	18	11.8	4.8	3.4	30.4	197.7	272.9	204.8	173.5	56.6	11.9	8	993.8
14367	Tlacuitapan	11	9	10	4.3	23.3	115.5	171.9	142.5	101.4	40.3	11.8	9.6	544.3
14369	La Vaquera	3.7	11.5	9.1	2.8	39.3	165.9	193.7	172	126.2	52.8	11.5	6.5	805
14386	Tonalá	10.3	12.4	6.2	3.8	29.4	178.5	219.1	176.9	164.6	48.5	12.1	9.3	871.1
14392	Paso Del Cuarenta Ii (1991-2020)	15.2	9.4	5.4	11.2	25.7	96.7	136.2	109.9	100.1	35.8	10.9	4.6	561.1
14397	Presa Calderon	16.2	12.9	4.6	5.6	21.1	162	208	198.7	151.5	50.7	12	9	852.3
Promedio		**13.28**	**11.63**	**7.87**	**5.86**	**29.25**	**134.66**	**186.47**	**157.99**	**127.81**	**43.84**	**11.81**	**7.71**	**723.52**

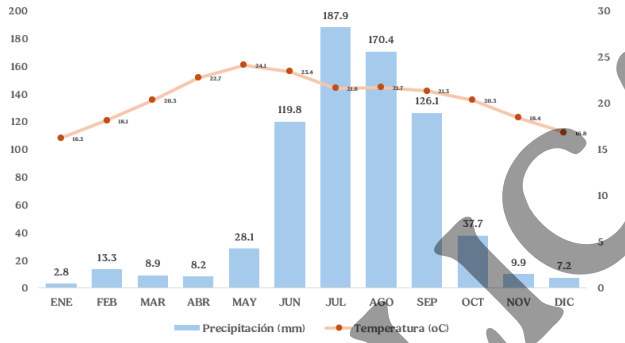
CONSULTA PÚBLICA



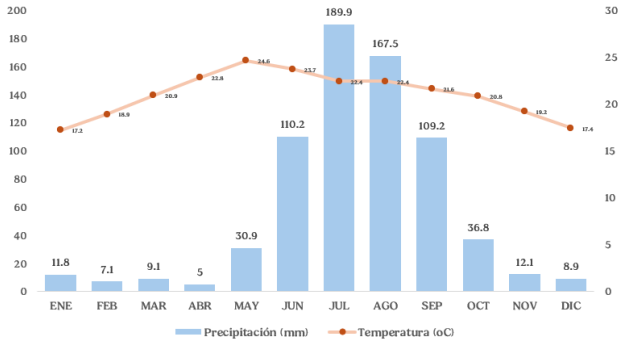
Estación 11028 Irapuato (1991-2020)



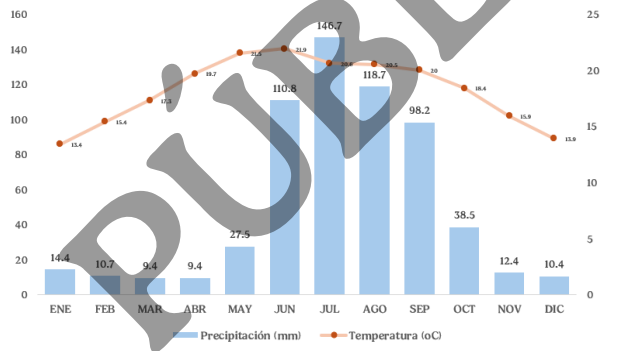
Estación 11095 León (DGE) (1991-2020)



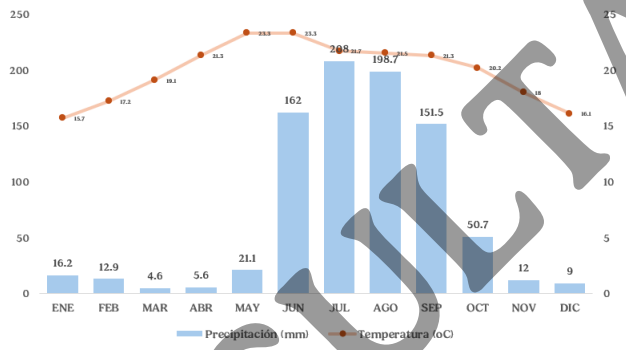
Estación 11074 Silao (DGE) (1991-2020)



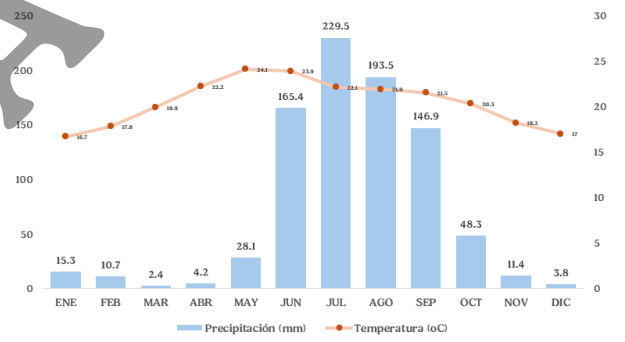
Estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) (1991-2020)



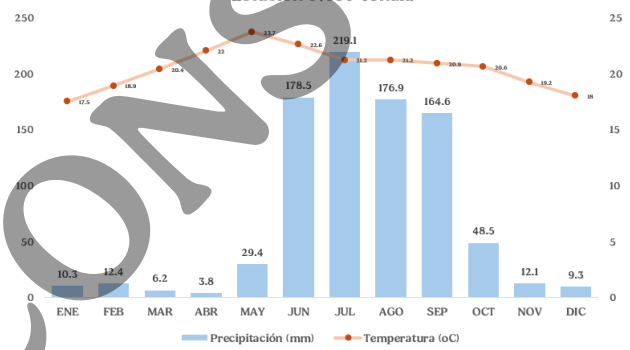
Estación 14397 Presa Calderón (DGE) (1991-2020)



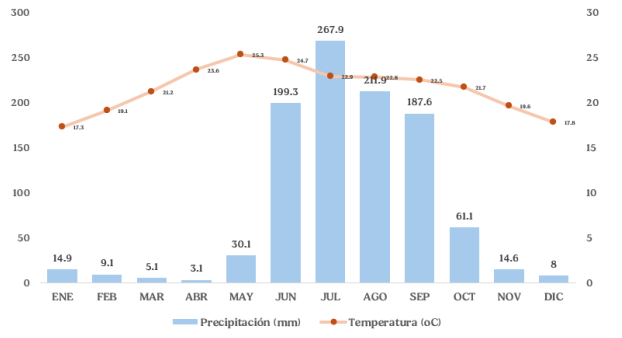
Estación 14171 Zapotlanejo (SMN) (1991-2020)



Estación 14386 Tonalá



Estación 14135 Tlaquepaque (1991-2020)



CONSULTA PÚBLICA



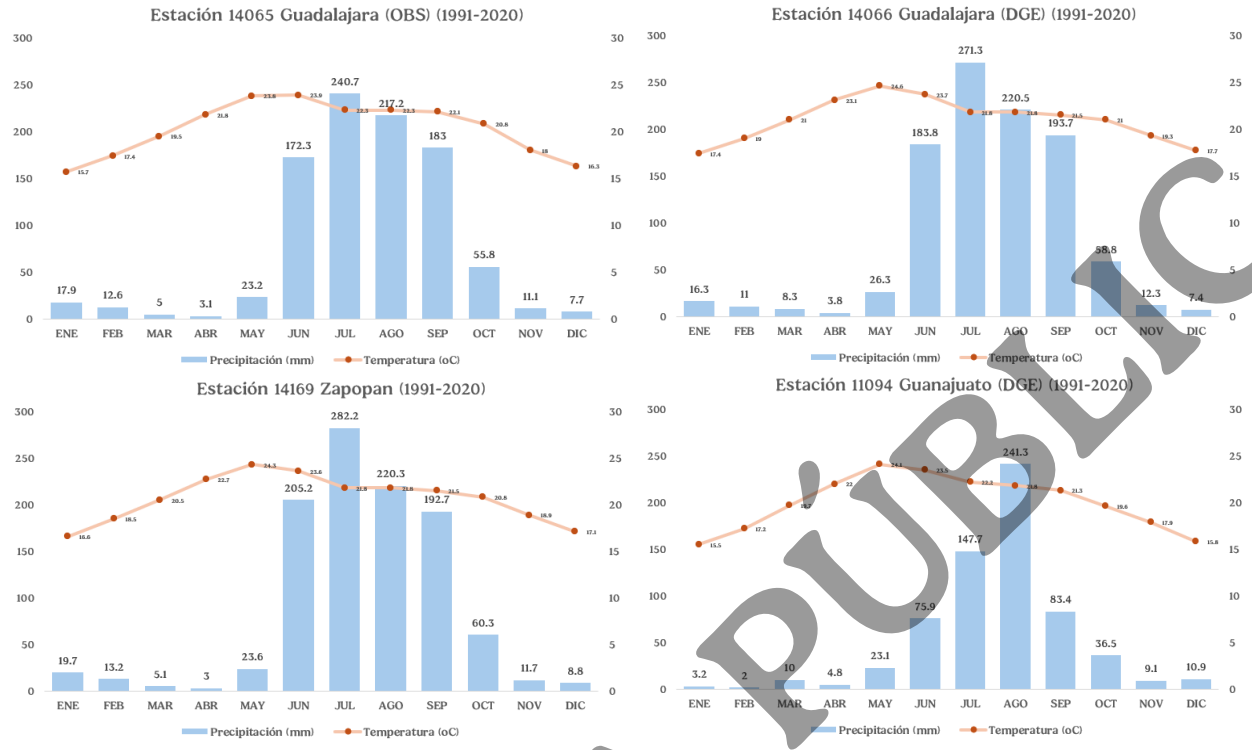


Figura III.5. Climograma de las estaciones meteorológicas de las principales ciudades y núcleos poblacionales dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

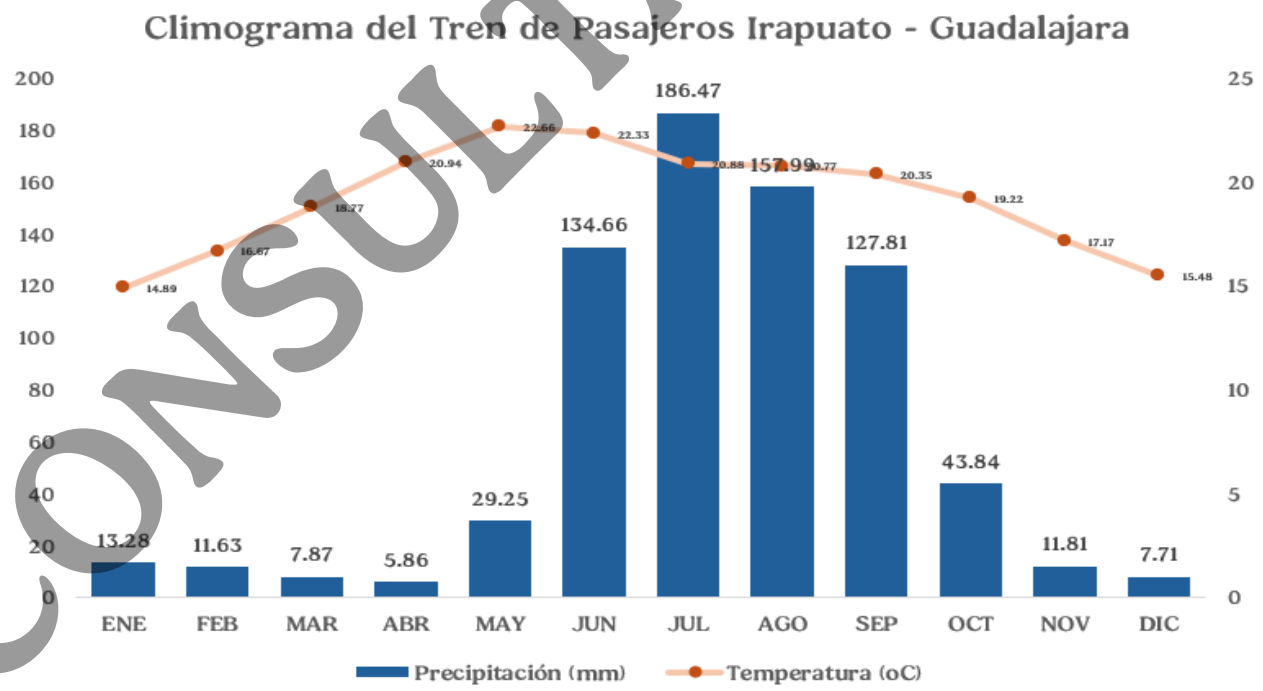


Figura III.6. Climograma de los promedios de las estaciones meteorológicas dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA





III.2.2. Riesgos climatológicos y eventos extremos

Análisis de incidencia: Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2026).
Vector de origen: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

- **Grado de riesgo por sequía**

Desde un punto de vista meteorológico: la sequía se presenta cuando la precipitación acumulada, durante un cierto lapso, es significativamente más pequeña que el promedio de las precipitaciones registradas en dicho lapso o que un valor específico de la precipitación. Desde un punto de vista hidrológico: la sequía ocurre cuando existe un déficit de agua en los escurrimientos superficial y subterráneo con respecto a la media mensual (o anual) de los valores que se han presentado en la zona.

Dentro de la Región Ecológico (RE), el riesgo por sequías es predominantemente bajo, específicamente en la parte oeste y centro de la RE, y en la fracción noreste. En tanto, las zonas clasificadas como con riesgo de medio a muy alto se localizan en la parte este siendo el municipio de León el que presenta el mayor riesgo. Por porcentaje, el riesgo el 51.47 % de la superficie presenta riesgo muy bajo, seguida de riesgo medio con un 17.66 %, mientras que el porcentaje más bajo lo abarca el riesgo muy alto con un 5.83 %.

Tabla III.8. Incidencia del grado de riesgo por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	1,145,835,264.81	5.83
Alto	2,106,971,963.31	10.72
Medio	3,470,162,916.03	17.66
Bajo	2,814,235,344.36	14.32
Muy bajo	10,114,625,669.65	51.47

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m² adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

- **Grado de peligro por sequía**

En el caso del peligro por sequía, se determinó que se siguió un patrón similar al riesgo, en donde en la mayoría de la superficie de la Región Ecológica (RE) se presenta un peligro bajo por sequías, incrementando de oeste a este. En ese sentido, el 43.07 % de la RE presenta un peligro bajo, mientras que el 30.02 % presenta un peligro alto, siendo estos los porcentuales más altos. El resto de los porcentajes de ocupación es menor al 20 %.

Tabla III.9. Incidencia del grado de peligro por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	1,781,297,859.96	9.06
Alto	5,899,205,856.46	30.02
Medio	3,507,078,655.09	17.85
Bajo	8,464,248,786.66	43.07
Muy bajo	0.00	0

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m² adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

CONSULTA PÚBLICA





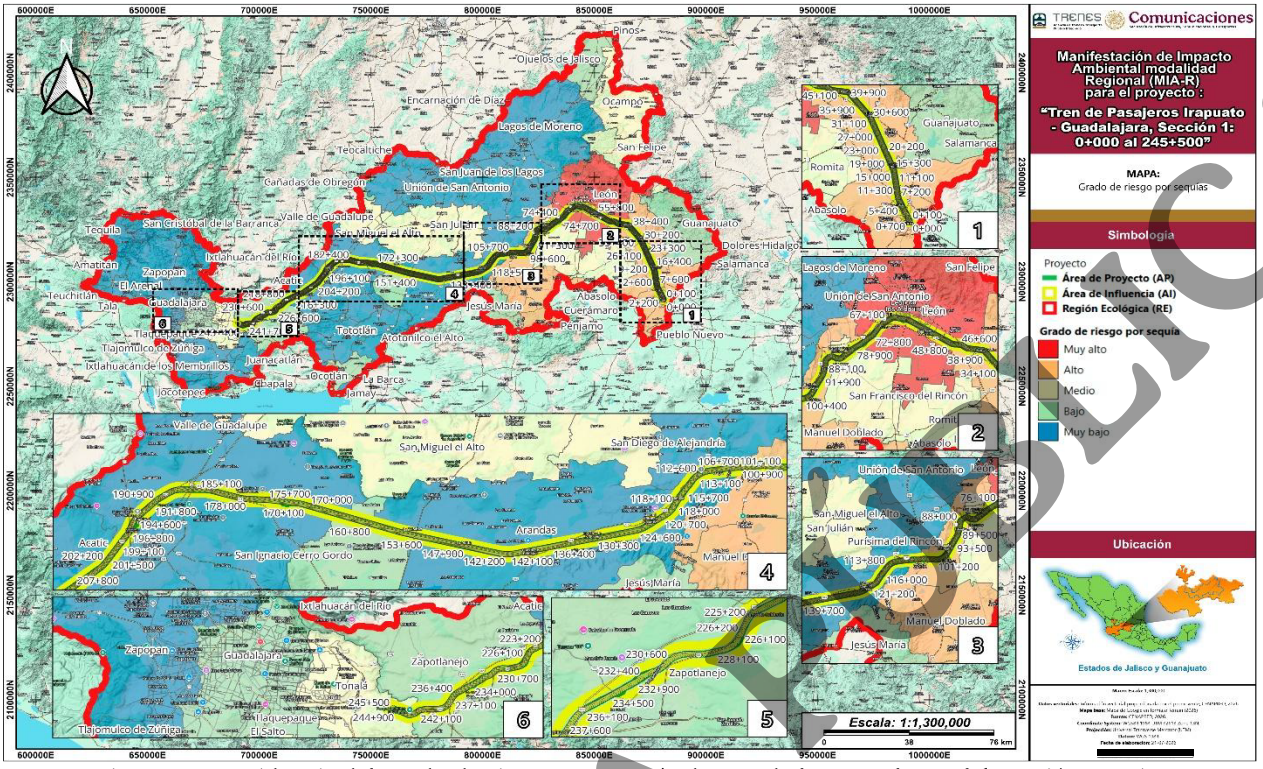


Figura III.7. Incidencia del grado de riesgo por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

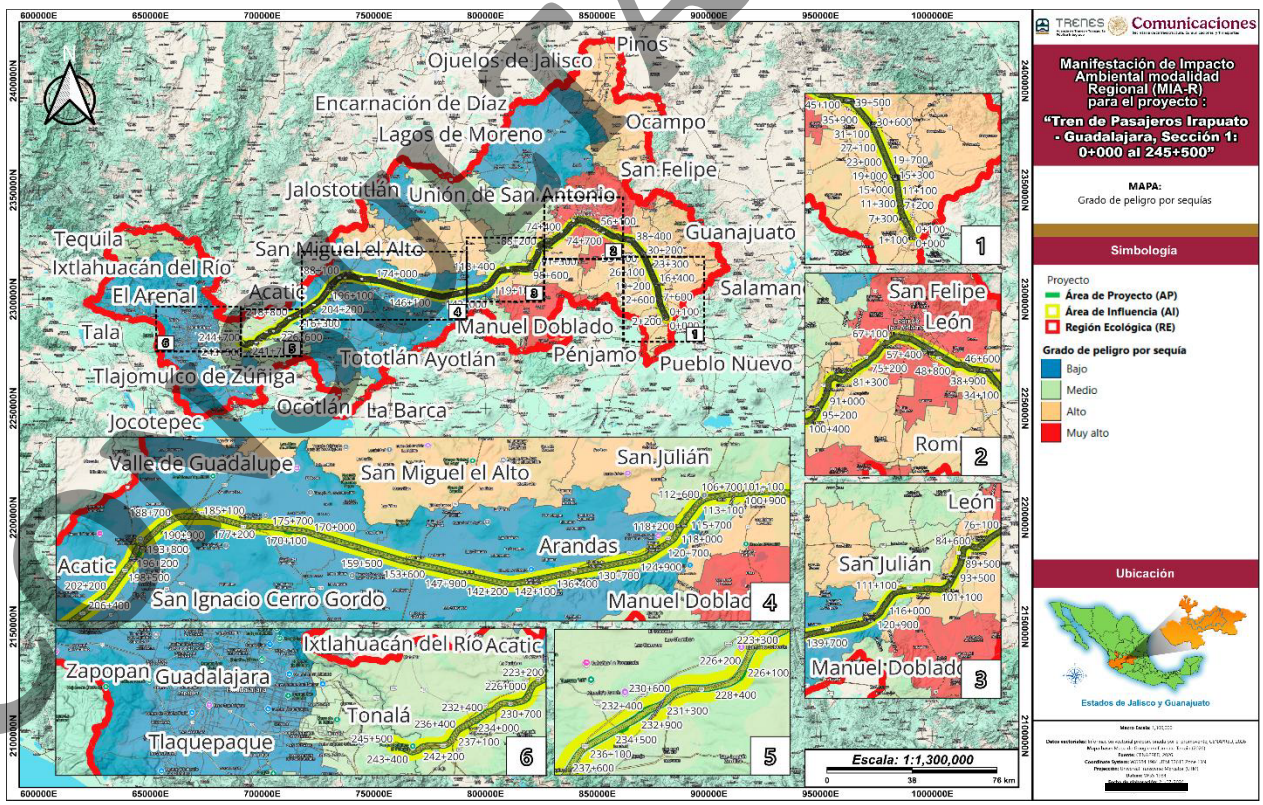


Figura III.8. Incidencia del grado de peligro por sequía dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA





- **Grado de riesgo por bajas temperaturas (heladas)**

En México, el mayor efecto de las bajas temperaturas se presenta de noviembre a enero, principalmente en Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Hidalgo, estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas. Durante el invierno, incrementan las enfermedades respiratorias y hay más probabilidades de intoxicaciones con monóxido de carbono producido por el uso de estufas y braseros en lugares sin ventilación.

Dentro de la Región Ecológico (RE), el riesgo por bajas temperaturas (heladas) oscila entre muy bajo y alto, siendo el municipio de Guadalajara el que presenta el peligro más alto. Conforme se avanza de oeste a este, el riesgo se mantiene entre bajo y muy bajo hasta León y municipios aledaños en los que se les considera como medio. A nivel porcentual, el riesgo bajo es el que abarca la mayor superficie con un 55.04 %, seguido del riesgo medio con un 25.52 %, mientras que el resto de ocupación es menor al 20 % conforme a los otros grados.

Tabla III.10. Incidencia del grado de riesgo por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0.00	0
Alto	435,606,909.18	2.22
Medio	5,015,265,311.15	25.52
Bajo	10,815,596,212.39	55.04
Muy bajo	3,385,362,725.46	17.23

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m^2 adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

- **Grado de peligro por bajas temperaturas (heladas)**

Dentro de la Región Ecológica (RE) se determinó que en su totalidad el peligro por bajas temperaturas (heladas) se considera bajo.

Tabla III.11. Incidencia del grado de peligro por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Bajo	**19,642,189,104**	100.00

CONSULTA PÚBLICA





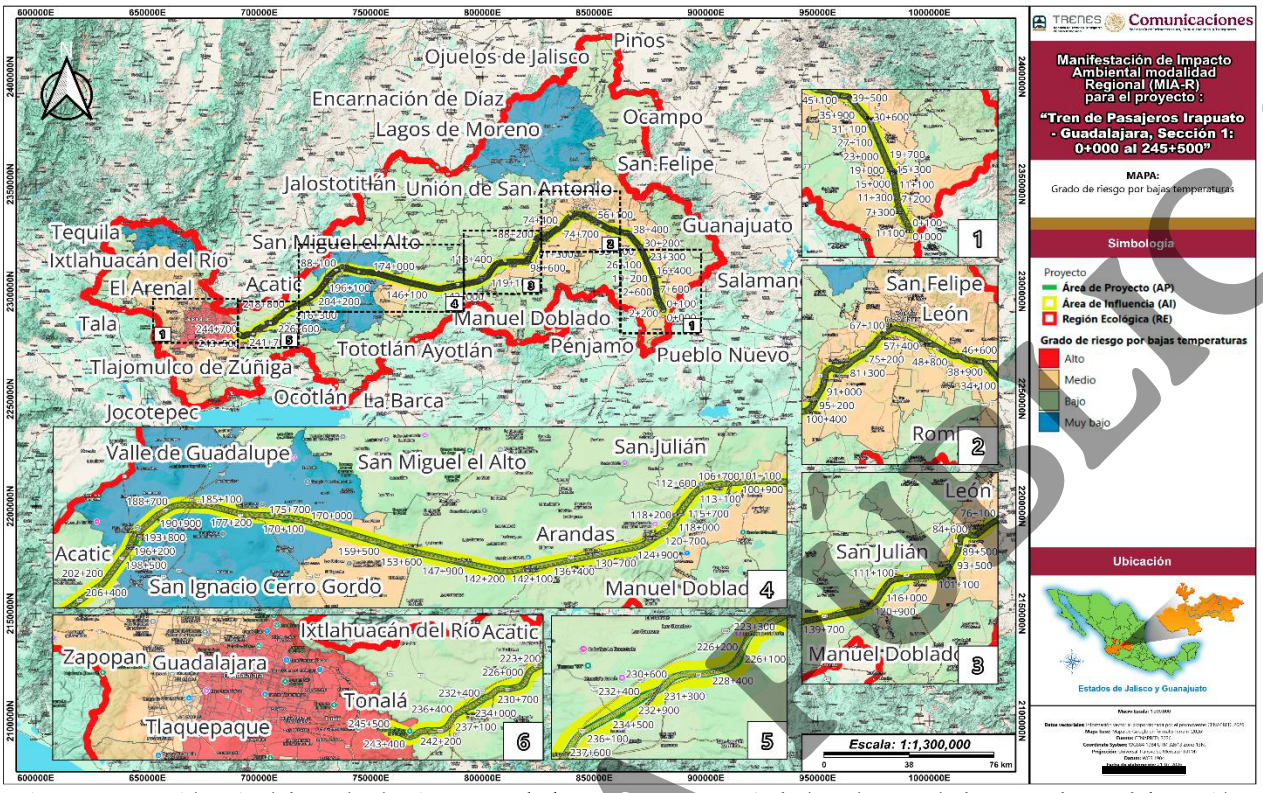


Figura III.9. Incidencia del grado de riesgo por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

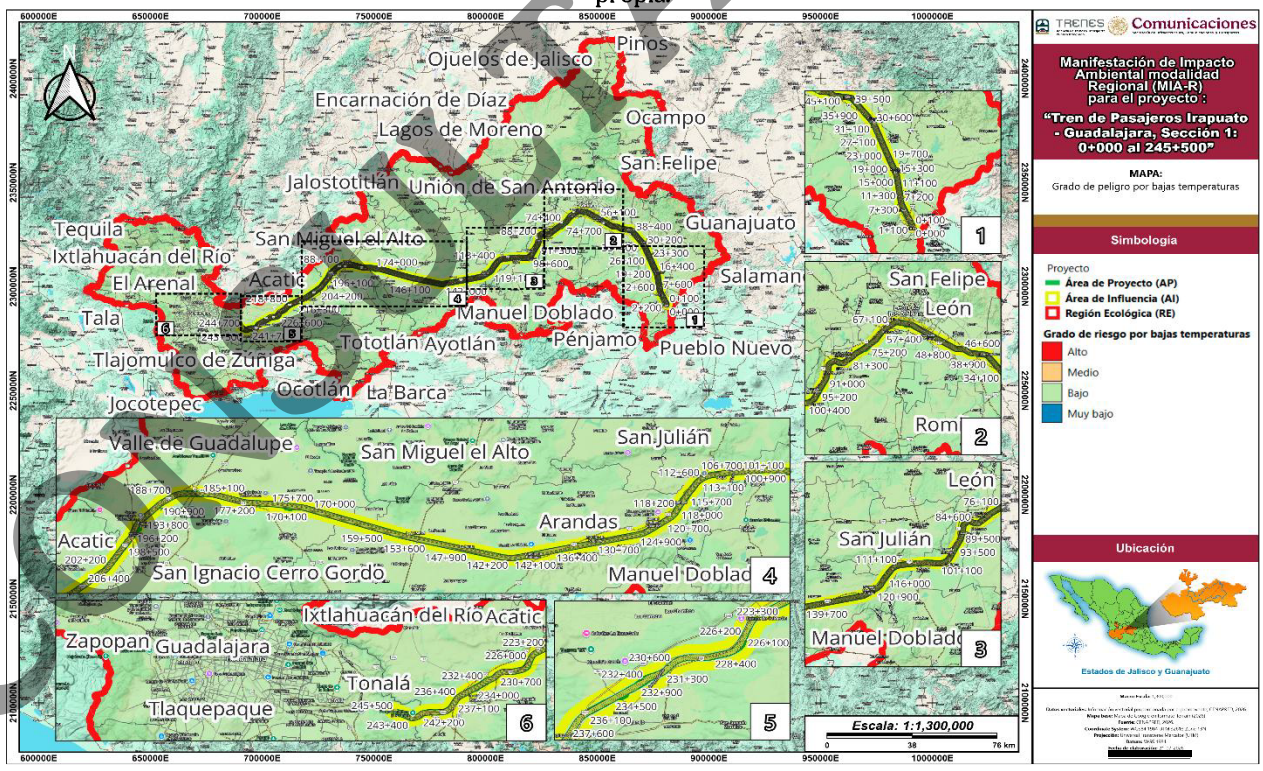


Figura III.10. Incidencia del grado de peligro por bajas temperaturas (heladas) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA





- **Grado de riesgo por ciclones tropicales**

Es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj (en el hemisferio norte), y en el sentido de las manecillas del reloj (en el hemisferio sur). En latitudes templadas, los ciclones son referidos como depresiones o ciclones extratropicales; el término ciclón se usa sólo para referirse a los ciclones tropicales. Estos sistemas de tormenta exigen, al menos, dos requisitos básicos: calor y humedad; como consecuencia, sólo se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26° C. Los ciclones tropicales se caracterizan por una circulación cerrada de sus vientos y se dividen en fases de acuerdo con la velocidad de sus Vientos Máximos Sostenidos en superficie (VMS):

a. Depresión tropical: VMS menor a 63 km/h.
b. Tormenta Tropical: VMS entre 63 y 118 km/h.
c. Huracán: VMS mayor a 118 km/h.

Dentro de la Región Ecológico (RE), el riesgo por ciclones tropicales oscila entre bajo y muy bajo, siendo predominantemente bajo dentro de las áreas urbanas como el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) y el municipio de León. Porcentualmente hablando, el riesgo muy bajo abarca la mayor parte con un 83.39 %, seguido del riesgo bajo con un 16.61 %.

Tabla III.12. Incidencia del grado de riesgo por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0.00	0
Alto	0.00	0
Medio	0.00	0
Bajo	3,264,640,325.26	16.61
Muy bajo	16,387,190,832.91	83.39

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m² adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

- **Grado de peligro por ciclones tropicales**

En el caso del peligro por ciclones tropicales, se determinó que se siguió un patrón similar al riesgo, en donde en la mayoría de la superficie de la Región Ecológica (RE) se presenta un peligro muy bajo por ciclones tropicales abarcando un 98.45 %, mientras que el peligro bajo sólo se registra para el municipio de Ixtlahuacán del Río y Guadalajara.

Tabla III.13. Incidencia del grado de peligro por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0.00	0
Alto	0.00	0
Medio	0.00	0
Bajo	305,202,156.67	1.55
Muy bajo	19,346,629,001.50	98.45

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m² adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

CONSULTA PÚBLICA



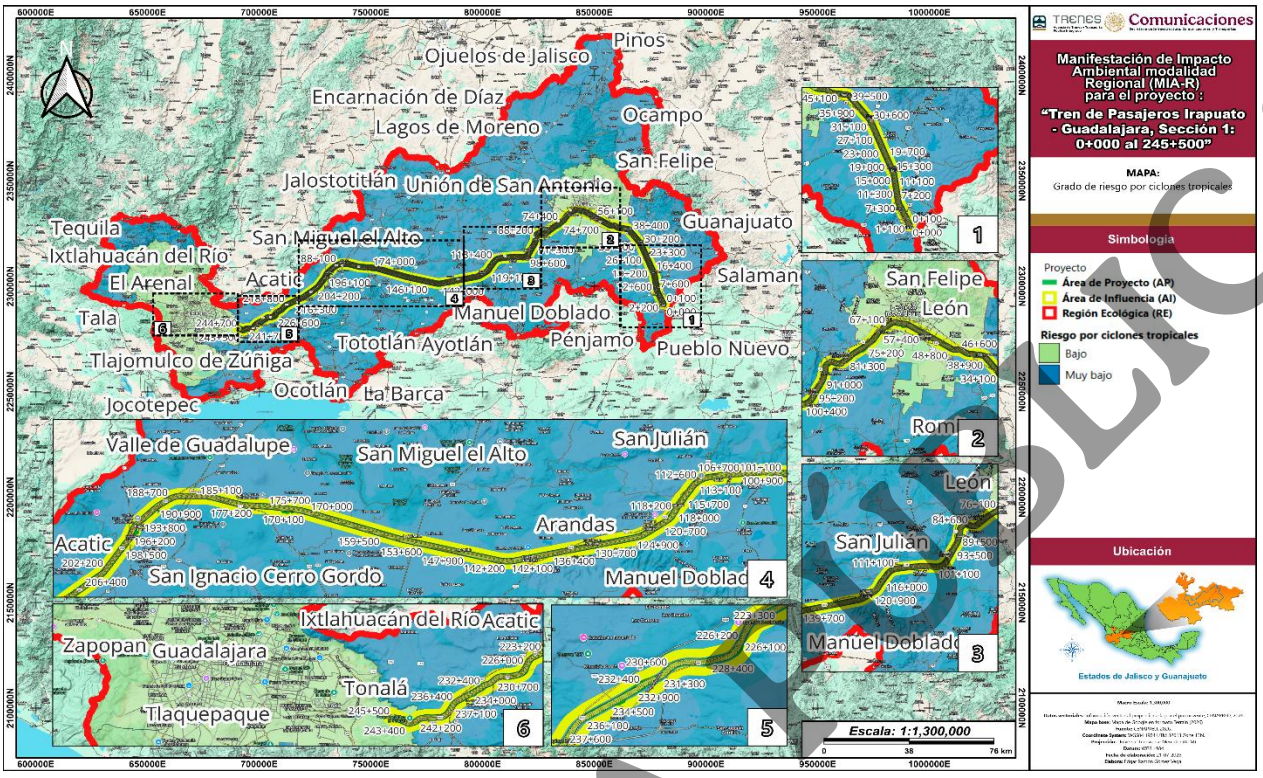


Figura III.11. Incidencia del grado de riesgo por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

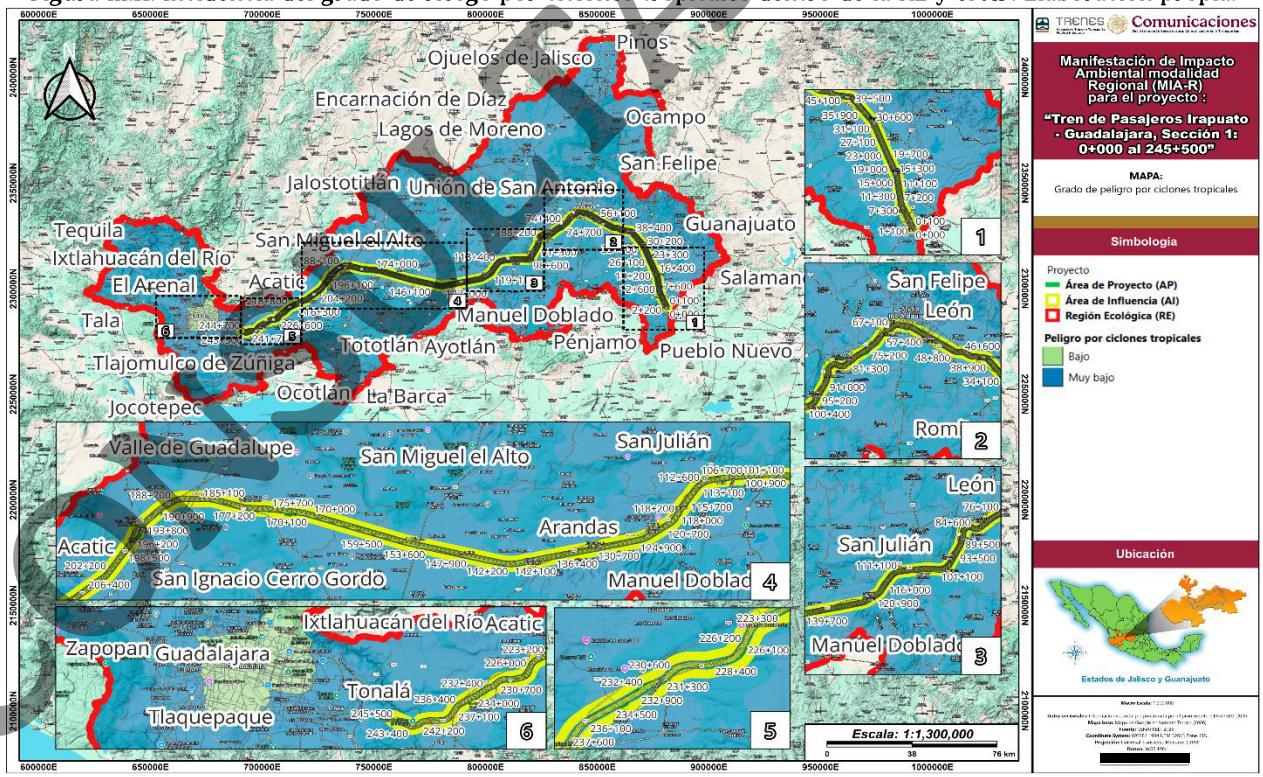


Figura III.12. Incidencia del grado de peligro por ciclones tropicales dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



- **Grado de riesgo por granizo**

Dentro de la Región Ecológico (RE), el riesgo por granizo es predominantemente bajo y muy bajo, principalmente en las áreas menos pobladas en las dos terceras partes sentido oeste a este, mientras que los municipios aledaños al AM de Guadalajara hasta Tomatlán presentan riesgos entre medios y altos. De manera porcentual, el riesgo muy bajo abarca la mayor superficie con un 44.84 %, seguido del riesgo bajo con un 43.34 %. Los demás riesgos presentaron porcentajes de ocupación menores al 10 %.

Tabla III.14. Incidencia del grado de riesgo por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0.00	0
Alto	366,216,187.82	1.86
Medio	1,957,258,896.41	9.96
Bajo	8,517,997,569.21	43.34
Muy bajo	8,810,358,504.72	44.84

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m^2 adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

- **Grado de peligro por granizo**

En el caso del peligro por granizo, dentro de la RE este oscila entre alto y bajo, focalizando las áreas de peligro alto dentro del AM de Guadalajara hasta el municipio de Tototlán, y descendiendo en sentido oeste a este en donde predominan los peligros medios y bajos. Porcentualmente hablando, el 58.88 % de la RE ocupa superficies con peligro medio, el 29.30 % de peligro bajo y el 11.82 % restante de peligro alto.

Tabla III.15. Incidencia del grado de peligro por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0.00	0
Alto	2,323,475,084.23	11.82
Medio	11,570,937,723.94	58.88
Bajo	5,757,418,350.00	29.3
Muy bajo	0.00	0

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m^2 adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

CONSULTA PÚBLICA





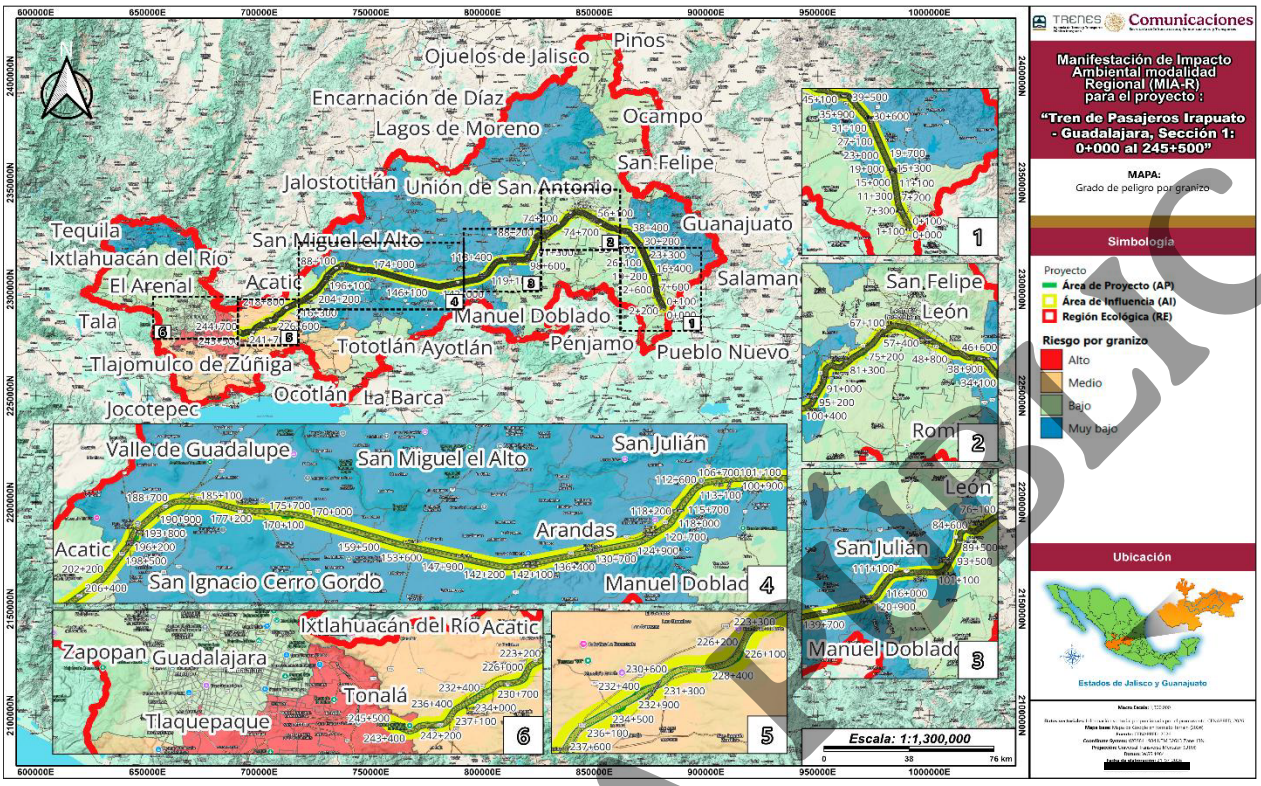


Figura III.13. Incidencia del grado de riesgo por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

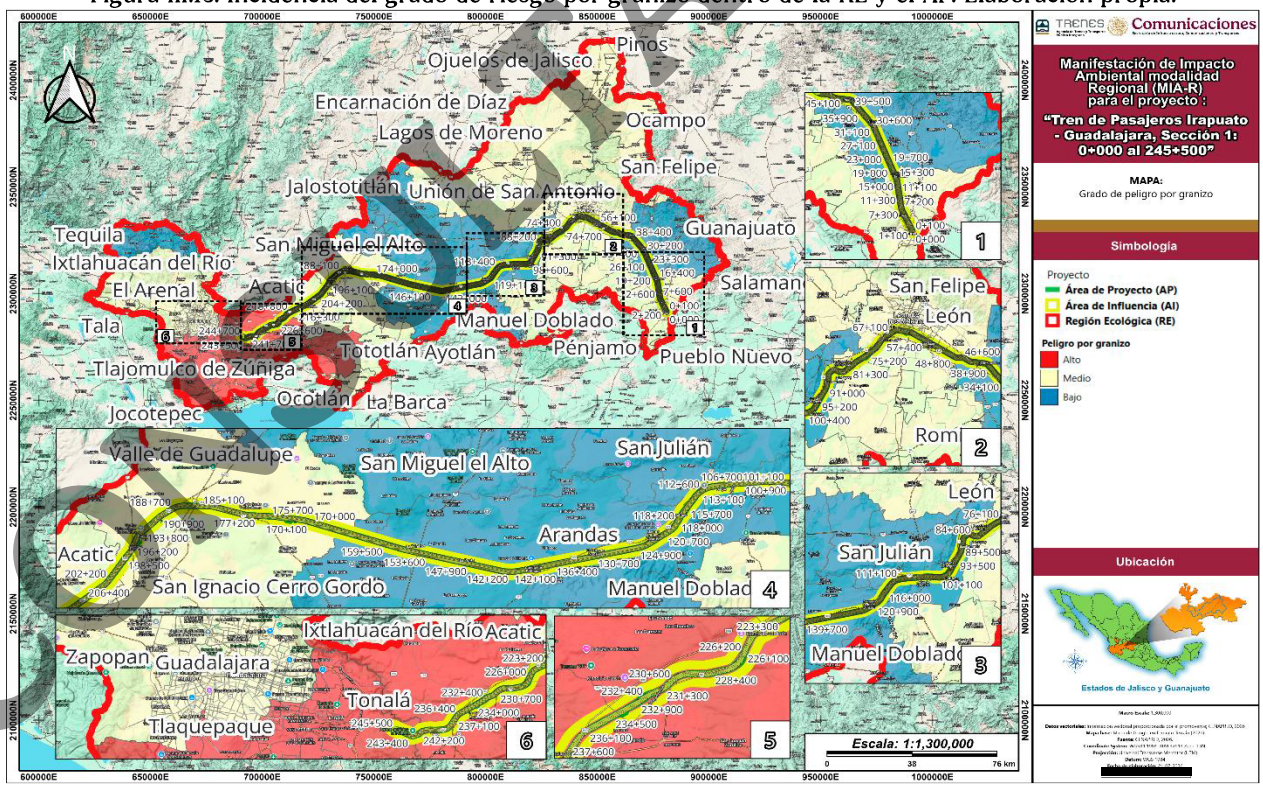


Figura III.14. Incidencia del grado de peligro por granizo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA





- **Grado de riesgo por tormentas eléctricas**

Son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo. Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantarlo, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente, en grupos o en líneas. Un rayo alcanza, en una fracción de segundo, una temperatura en el aire que se aproxima a los 30,000 grados centígrados. El aire caliente provoca que se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido (llamado trueno), que viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

Dentro de la Región Ecológico (RE), el riesgo por tormentas eléctricas oscila entre muy alto y muy bajo; el AM de Guadalajara se clasifica como con un riesgo muy alto, mientras que para los municipios aledaños es de alto a medio. En la parte central de la RE se mantiene como de medio a bajo, y llegando a León y municipios aledaños se le considera como alto. En cuanto a porcentajes, el riesgo medio es predominante con un 48.58 %, seguido del riesgo bajo con un 24.69 % y el riesgo alto con un 23.35 %, mientras que el resto de las incidencias es menor al 5 %.

Tabla III.16. Incidencia del grado de riesgo por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	269,335,023.17	1.37
Alto	4,588,375,884.71	23.35
Medio	9,547,776,758.43	48.58
Bajo	4,852,445,400.18	24.69
Muy bajo	393,898,091.67	2.01

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m² adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

- **Grado de peligro por tormentas eléctricas**

En el caso del peligro por tormentas eléctricas, dentro de la RE este oscila entre muy alto y bajo, en donde la mayor superficie de esta presenta peligro muy alto con un 73.29 %, seguido del riesgo alto con un 21.44 %. Para el resto de grados de peligro, su incidencia es menor al 5 %, y focalizándose principalmente en la parte noreste dentro de los municipios de Ojuelos de Jalisco y Ocampo.

Tabla III.17. Incidencia del grado de peligro por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	14,401,919,070.80	73.29
Alto	4,212,883,347.84	21.44
Medio	643,130,647.85	3.27
Bajo	393,898,091.67	2.00
Muy bajo	0.00	0

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m² adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

CONSULTA PÚBLICA





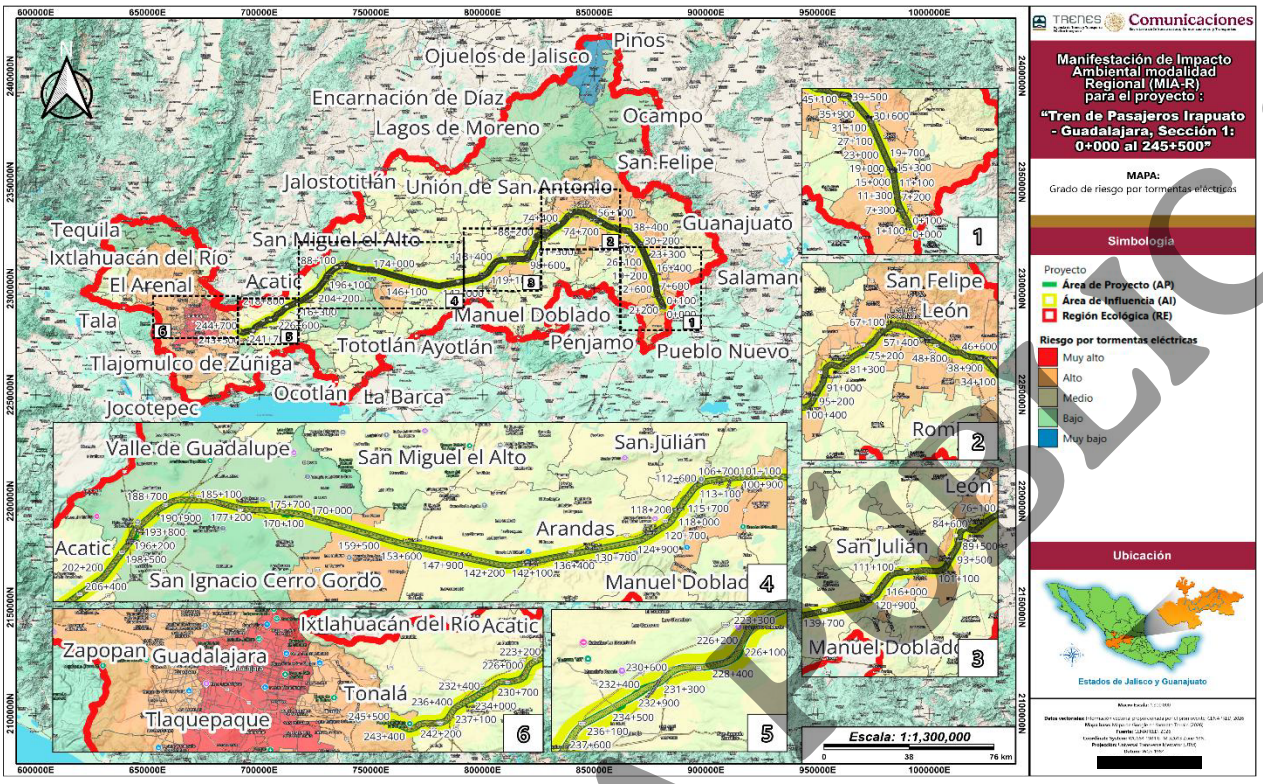


Figura III.15. Incidencia del grado de riesgo por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

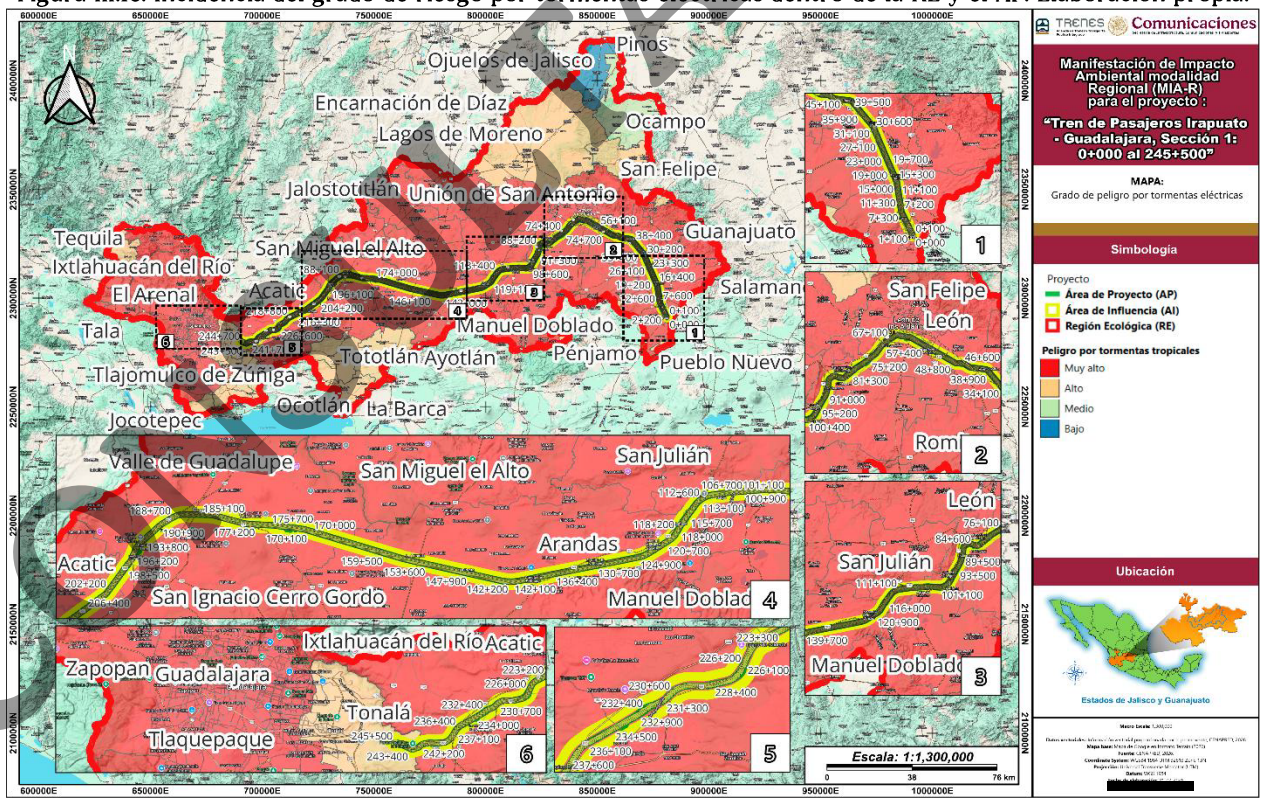


Figura III.16. Incidencia del grado de peligro por tormentas eléctricas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA





- **Vulnerabilidad ante el Cambio Climático**

Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático la vulnerabilidad está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación. Es decir, es la propensión o predisposición para verse afectado negativamente ante la presencia de fenómenos meteorológicos o climáticos.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad actual y futura, el INECC usa la metodología propuesta por el IPCC (2007), que se retoma en la **Ley General de Cambio Climático** (2012) y que considera que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa. Conforme a la información de los riesgos climáticos y la vulnerabilidad al cambio climático presentada dentro de la RE y área del proyecto, se identificó el nivel de priorización ante la vulnerabilidad al cambio climático que presenta en la actualidad, los cuales se clasifican primer nivel, segundo nivel y tercer nivel de priorización como se muestra a continuación, y por ello, por ello, se determinó que la mayoría de los municipios periféricos a la RE presentó un Prioridad de Primer Nivel, mientras que la parte central de la misma se mantiene sin presentar un nivel de priorización conforme al vector.

Tabla III.18. Niveles de Priorización por municipio ante la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático. Elaboración propia.

Clave de entidad	Estado	Clave de municipio	Municipio	Clave de priorización	Nivel de priorización
11	Guanajuato	11001	Abasolo	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11012	Cuerámaro	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11014	Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11015	Guanajuato	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11017	Irapuato*	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11020	León*	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11008	Manuel Doblado	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11022	Ocampo	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11023	Pénjamo	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11024	Pueblo Nuevo	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11025	Purísima del Rincón*	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11026	Romita	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11027	Salamanca	1	Primer Nivel de Priorización
11	Guanajuato	11030	San Felipe	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11031	San Francisco del Rincón*	0	Sin priorización
11	Guanajuato	11037	Silao*	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14001	Acatic*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14003	Ahualulco del Mercado	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14005	Amatitán	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14008	Arandas*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14013	Atotonilco El Alto	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14016	Ayotlán	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14117	Cañadas de Obregón	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14030	Chapala	2	Segundo Nivel de Priorización
14	Jalisco	14009	El Arenal	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14070	El Salto	0	Sin priorización
14	Jalisco	14035	Encarnación de Díaz	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14039	Guadalajara*	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14044	Ixtlahuacán de los Membrillo	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14045	Ixtlahuacán del Río	0	Sin priorización
14	Jalisco	14046	Jalostotitlán	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14047	Jamay	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14048	Jesús María	0	Sin priorización
14	Jalisco	14050	Jocotepec	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14051	Juanacatlán	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14018	La Barca	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14053	Lagos de Moreno	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14063	Ocotlán	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14064	Ojuelos de Jalisco	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14066	Poncitlán	1	Primer Nivel de Priorización

CONSULTA PÚBLICA





Clave de entidad	Estado	Clave de municipio	Municipio	Clave de priorización	Nivel de priorización
14	Jalisco	14071	San Cristóbal de la Barranca	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14072	San Diego de Alejandría*	2	Segundo Nivel de Priorización
14	Jalisco	14125	San Ignacio Cerro Gordo*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14073	San Juan de los Lagos	2	Segundo Nivel de Priorización
14	Jalisco	14074	San Julián	2	Segundo Nivel de Priorización
14	Jalisco	14078	San Miguel El Alto	0	Sin priorización
14	Jalisco	14083	Tala	0	Sin priorización
14	Jalisco	14091	Teocaltiche	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14093	Tepatitlán de Morelos*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14094	Tequila	3	Tercer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14095	Teuchitlán	3	Tercer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14097	Tlajomulco de Zúñiga	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14098	Tlaquepaque*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14101	Tonalá*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14105	Tototlán	0	Sin priorización
14	Jalisco	14109	Unión de San Antonio	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14111	Valle de Guadalupe	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14120	Zapopan*	0	Sin priorización
14	Jalisco	14123	Zapotlán del Rey	1	Primer Nivel de Priorización
14	Jalisco	14124	Zapotlanejo	1	Primer Nivel de Priorización
32	Zacatecas	32038	Pinos	0	Sin priorización

* En asterisco se señalan los municipios por los que incidirá el proyecto.

Tabla III.19. Glosario de las claves de vulnerabilidad. Elaboración propia.

Clave Entidad	Clave de la Entidad según INEGI
Nombre Entidad	Nombre de la Entidad según INEGI
Clave Municipio	Clave del Municipio según INEGI
Nombre Municipio	Nombre del Municipio según INEGI
Clave Región	Clave de la Región de acuerdo con SEMARNAT
Región	Nombre de la Región de acuerdo con SEMARNAT
ClasVFEH	Clasificación de la Vulnerabilidad de acuerdo con la estandarización nacional de la vulnerabilidad de Producción Forrajera ante Estrés Hídrico (Muy Alta(1-0.75), Alta(0.75-0.5), Media(0.5-0.25), Baja(0.25-0), -9999 o NA no aplica)
A_VFEH	Aumento de la Vulnerabilidad con alguno de los 4 modelos utilizados para la Vulnerabilidad de la Producción Forrajera ante Estrés Hídrico
ClasVGEH	Clasificación de la Vulnerabilidad de acuerdo con la estandarización nacional de la vulnerabilidad de Producción ganadera extensiva ante Estrés Hídrico (Muy Alta(1-0.75), Alta(0.75-0.5), Media(0.5-0.25), Baja(0.25-0), -9999 o NA no aplica)
A_VGA	Aumento de la Vulnerabilidad con alguno de los 4 modelos utilizados para la Vulnerabilidad de la Producción ganadera extensiva ante Estrés Hídrico
ClasVPDEN	Clasificación de la Vulnerabilidad de acuerdo con la estandarización nacional de la vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue (Muy Alta(1-0.75), Alta(0.75-0.5), Media(0.5-0.25), Baja(0.25-0), -9999 o NA no aplica)
A_VPDen	Aumento de la Vulnerabilidad con alguno de los 4 modelos utilizados para la Vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue ante Estrés Hídrico
ClasVAHDES	Clasificación de la Vulnerabilidad de acuerdo con la estandarización nacional de la vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves (Muy Alta(1-0.75), Alta(0.75-0.5), Media(0.5-0.25), Baja(0.25-0), -9999 o NA no aplica)
A_VAHDES	Aumento de la Vulnerabilidad con alguno de los 4 modelos utilizados para la Vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves
ClasVGINU	Clasificación de la Vulnerabilidad de acuerdo con la estandarización nacional de la Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones (Muy Alta(1-0.75), Alta(0.75-0.5), Media(0.5-0.25), Baja(0.25-0), -9999 o NA no aplica)
A_VGINU	Aumento de la Vulnerabilidad con alguno de los 4 modelos utilizados para la Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones
ClasVAHINU	Clasificación de la Vulnerabilidad de acuerdo con la estandarización nacional la vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones. (Muy Alta(1-0.75), Alta(0.75-0.5), Media(0.5-0.25), Baja(0.25-0), -9999 o NA no aplica)
A_VAHINU	Aumento de la Vulnerabilidad con alguno de los 4 modelos utilizados para la Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones
"Nivel de P"	Nivel de Priorización • Nivel 1 = 1448 municipios Vulnerables • Nivel 2 = 273 Municipios Vulnerables • Nivel 3 = 83 Municipios Vulnerables
"N_Prioriza"	Primer Nivel de Priorización (1448 municipios Vulnerables); Segundo Nivel de Priorización (273 Municipios Vulnerables); Tercer Nivel de Priorización (83 Municipios Vulnerables)

La naturaleza del proyecto de la "*Tren de Pasajeros Irapuato - Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500*" presenta una propuesta ecológica y diferente a los trenes de carga tradicionales que usan combustibles, al ser alimentado de energía eléctrica busca implementar alternativas viables que proporcionen el aprovechamiento de energía eléctrica de calidad, dicho suministro eléctrico será proporcionado por la red de distribución de CFE, así mismo cabe mencionar que este proyecto una vez entre en operación no contempla la generación de emisiones por quema de gases ni el uso de combustibles, por lo cual está vía férrea es una alternativa viable que contribuirá a mejorar el transporte de cargamentos y pasajeros de manera más amable con el ambiente, sin generar algún impacto ambiental y ayudando a reducir la vulnerabilidad al cambio climático en la región.

CONSULTA PÚBLICA



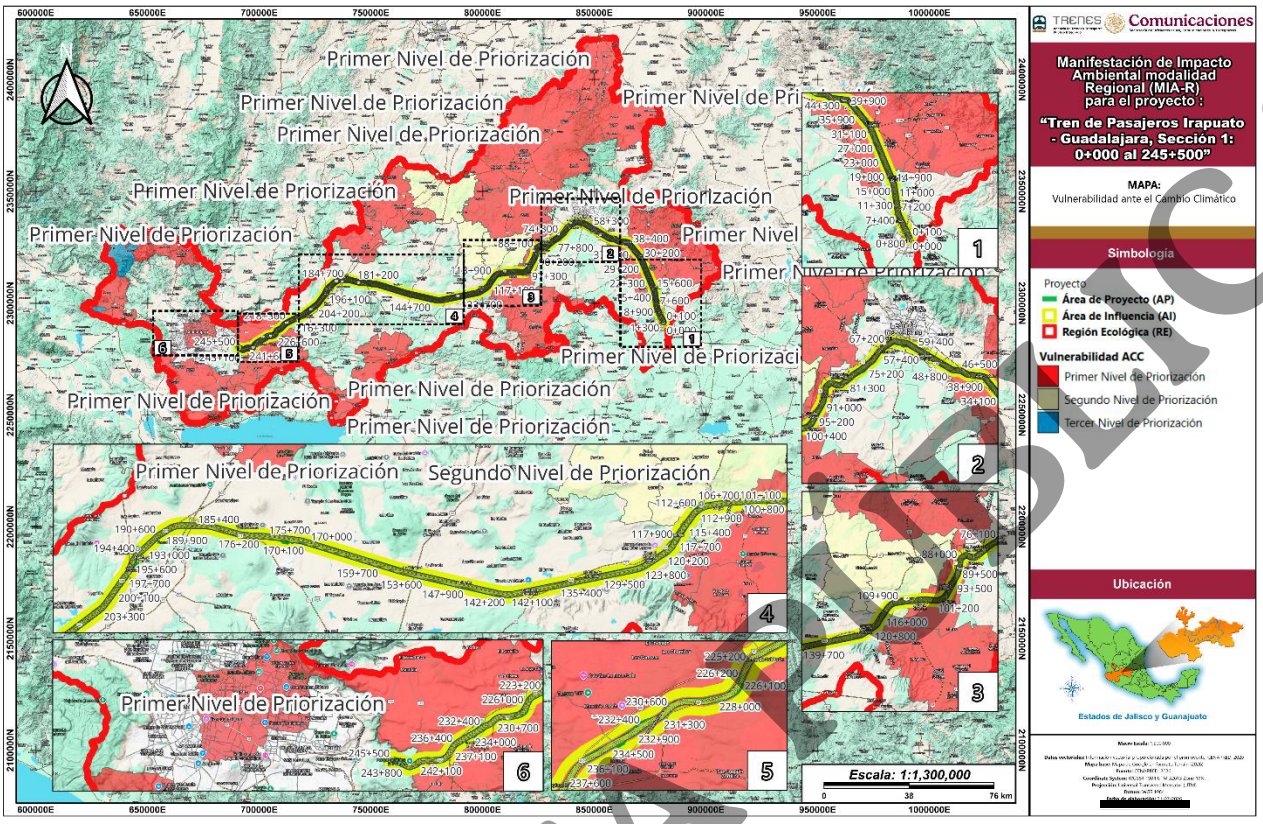


Figura III.17. Nivel de priorización sobre la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

III.2.3. Riesgos climatológicos y eventos extremos identificados dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026.
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa

A continuación, se presenta una descripción de los riesgos y peligros asociados al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), que en el marco de este proyecto abarca a los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Esta información fue consultada dentro del Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano (https://zoom.imeplan.mx/mapa) del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN).

CONSULTA PÚBLICA

- **Probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 30ºC)**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 6.80 % de la superficie presentó una probabilidad baja de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 30ºC), mientras que el 4.45 % fue media, en el 2.03 % fue alta, dentro del 0.92 % fue muy alta y en el 0.86 % restante fue muy alta. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de probabilidad que oscilan entre medias y bajas.

Tabla III.20. Incidencia de la probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Probabilidad	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alta	168,459,689	0.86
Alta	398,745,031	2.03
Media	873,495,190	4.45
Baja	1,336,549,882	6.80
Muy baja	179,820,935	0.92
Sin incidencia	16,685,118,377	84.95
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

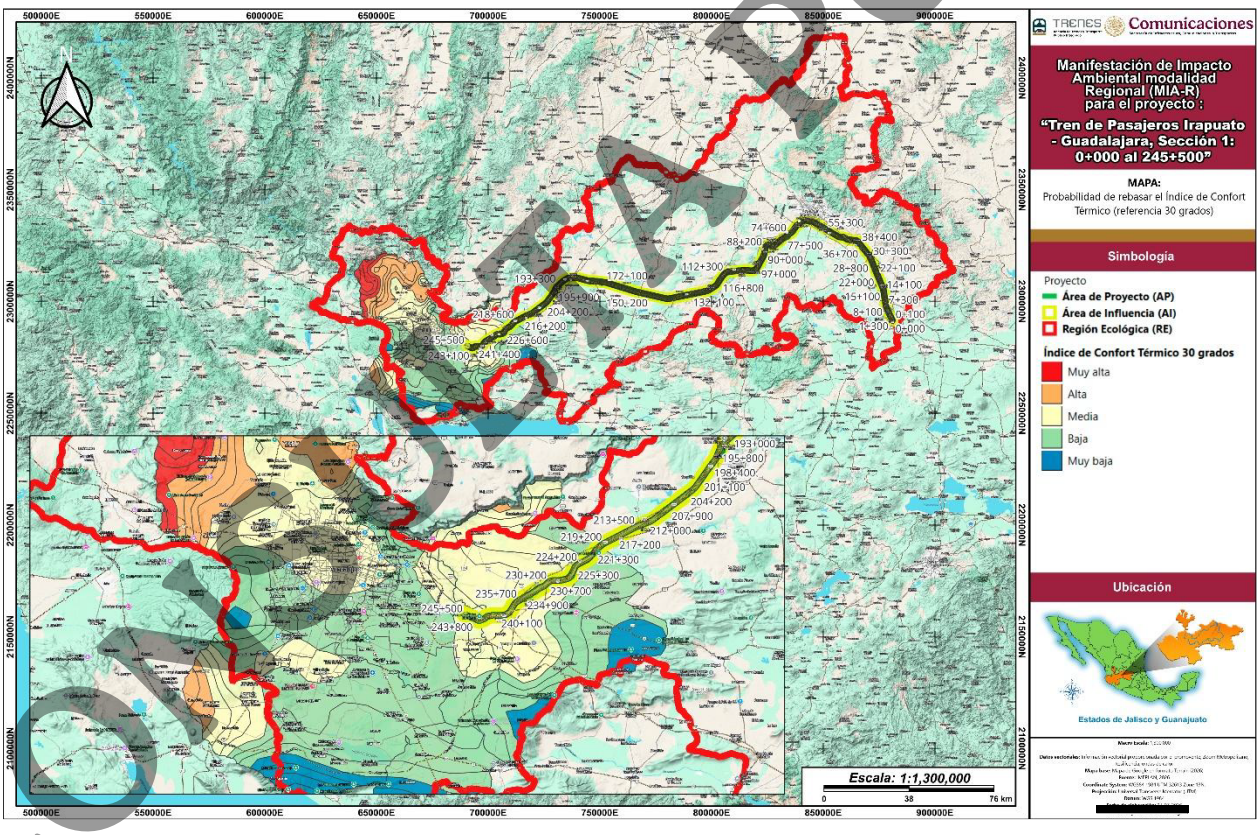


Figura III.18. Probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 35ºC)**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 9.31 % de la superficie presentó una probabilidad muy baja de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 35ºC), mientras que el 3.34 % fue baja, en el 1.51 % fue media, dentro del 0.62 % fue alta y en el 0.27 % restante fue muy alta. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de probabilidad que oscilan entre bajas y muy bajas.

Tabla III.21. Incidencia de la probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 35ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Probabilidad	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alta	52,896,980	0.27
Alta	122,530,776	0.62
Media	297,408,642	1.51
Baja	656,092,013	3.34
Muy baja	1,828,142,316	9.31
Sin incidencia	16,685,118,377	84.95
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

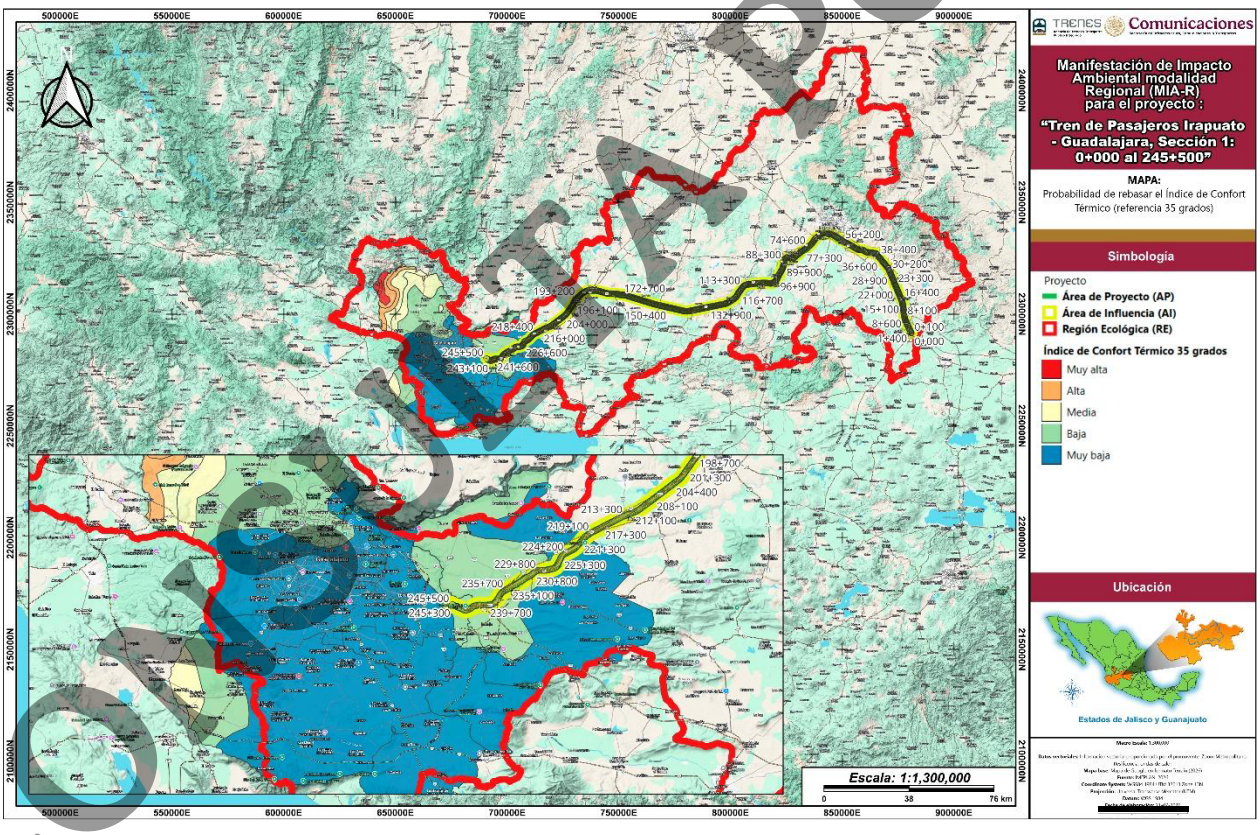


Figura III.19. Probabilidad de rebasar el índice de Confort Térmico (referencia 35ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Vulnerabilidad social ante ondas de calor**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 1.04 % de la superficie presentó una vulnerabilidad social muy alta ante ondas de calor, mientras que el 0.88 % fue media, en el 0.75 % fue muy alta, dentro del 0.46 % fue baja y en el 0.28 % restante fue muy baja. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de vulnerabilidad mayoritariamente medias a muy altas.

Tabla III.22. Incidencia de la vulnerabilidad social ante ondas de calor dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Vulnerabilidad	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alta	147,612,598	0.75
Alta	204,677,495	1.04
Media	172,161,219	0.88
Baja	90,585,112	0.46
Muy baja	55,853,266	0.28
Sin incidencia	18,971,299,414	96.58
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

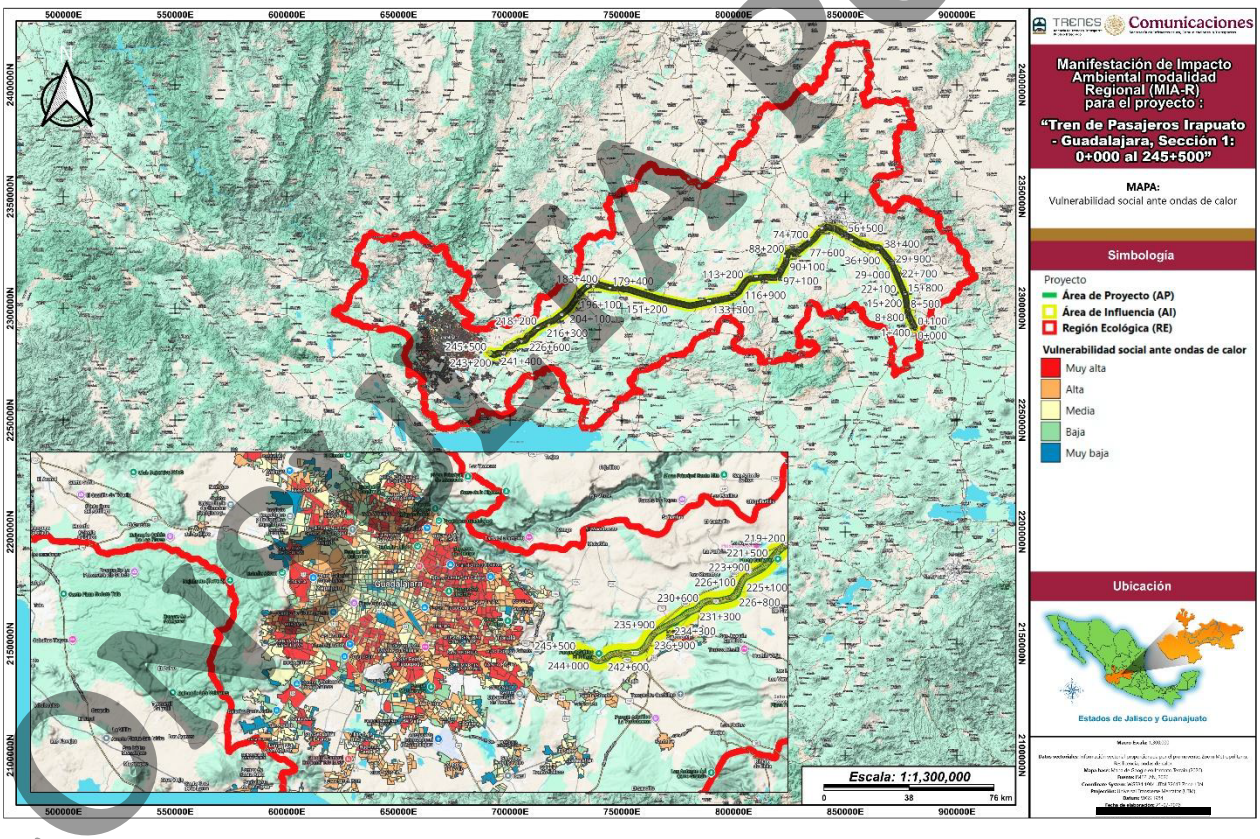


Figura III.20. Vulnerabilidad social ante ondas de calor dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Riesgo ante ondas de calor (referencia 30ºC)**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 1.81 % de la superficie presentó un riesgo bajo ante ondas de calor (referencia 30º), mientras que el 1.48 % fue medio, en el 0.12 % fue muy bajo, y en el 0.01 % restante fue muy alto. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de riesgo mayoritariamente medios a muy altos.

Tabla III.23. Incidencia del riesgo ante ondas de calor (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riesgo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0	0.00
Alto	1,559,931	0.01
Medio	290,448,437	1.48
Bajo	355,854,904	1.81
Muy bajo	23,026,417	0.12
Sin incidencia	18,971,299,414	96.58
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

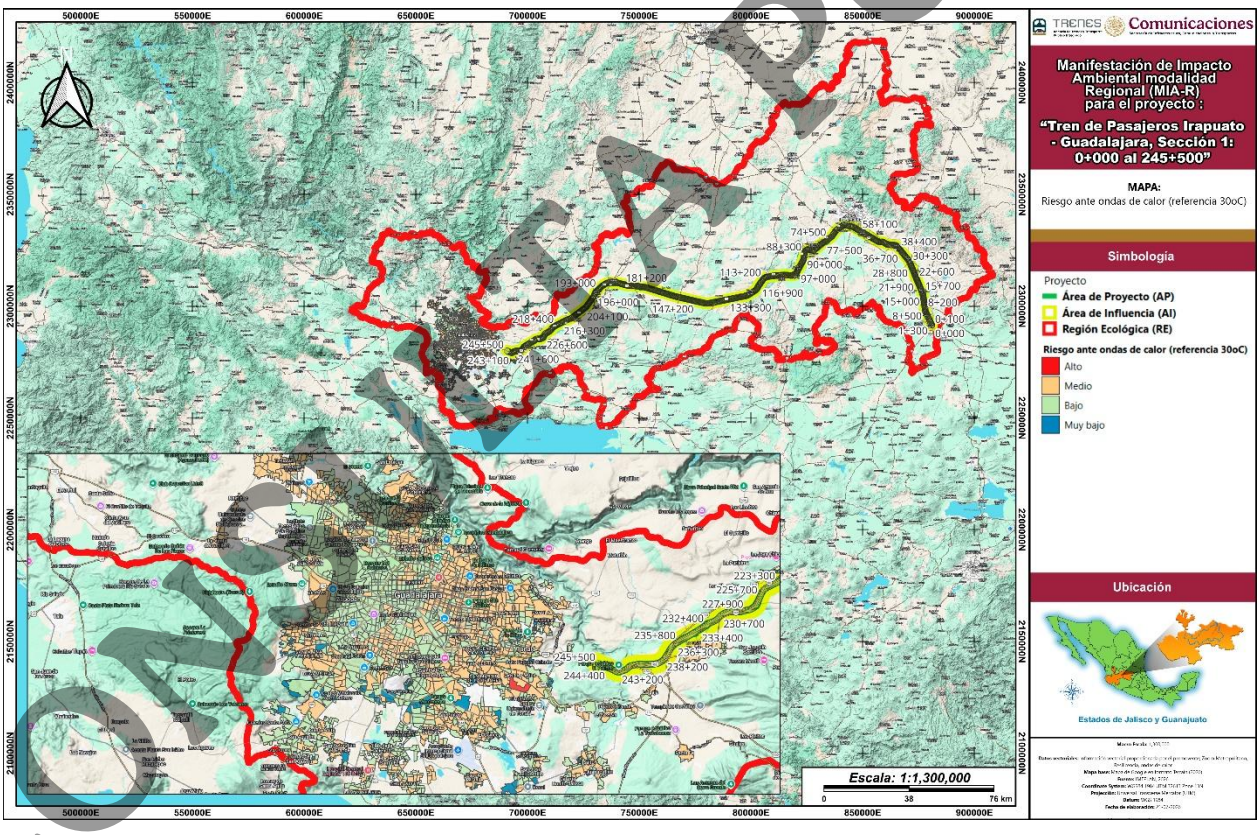


Figura III.21. Riesgo ante ondas de calor (referencia 30ºC) dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Probabilidad de presentar temperaturas menores a 10ºC**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 7.96 % de la superficie presentó una probabilidad baja de llegar a temperaturas menores a los 10ºC, mientras que el 3.65 % fue muy baja, en el 1.63 % fue media, dentro del 1.38 % fue alta y en el 0.43 % restante fue muy alta. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de probabilidad que oscilan entre muy bajas y altas.

Tabla III.24. Incidencia de la probabilidad de presentar temperaturas menores a 10ºC dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Probabilidad	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alta	83,980,899	0.43
Alta	271,220,966	1.38
Media	320,880,730	1.63
Baja	1,563,715,041	7.96
Muy baja	717,273,091	3.65
Sin incidencia	16,685,118,377	84.95
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

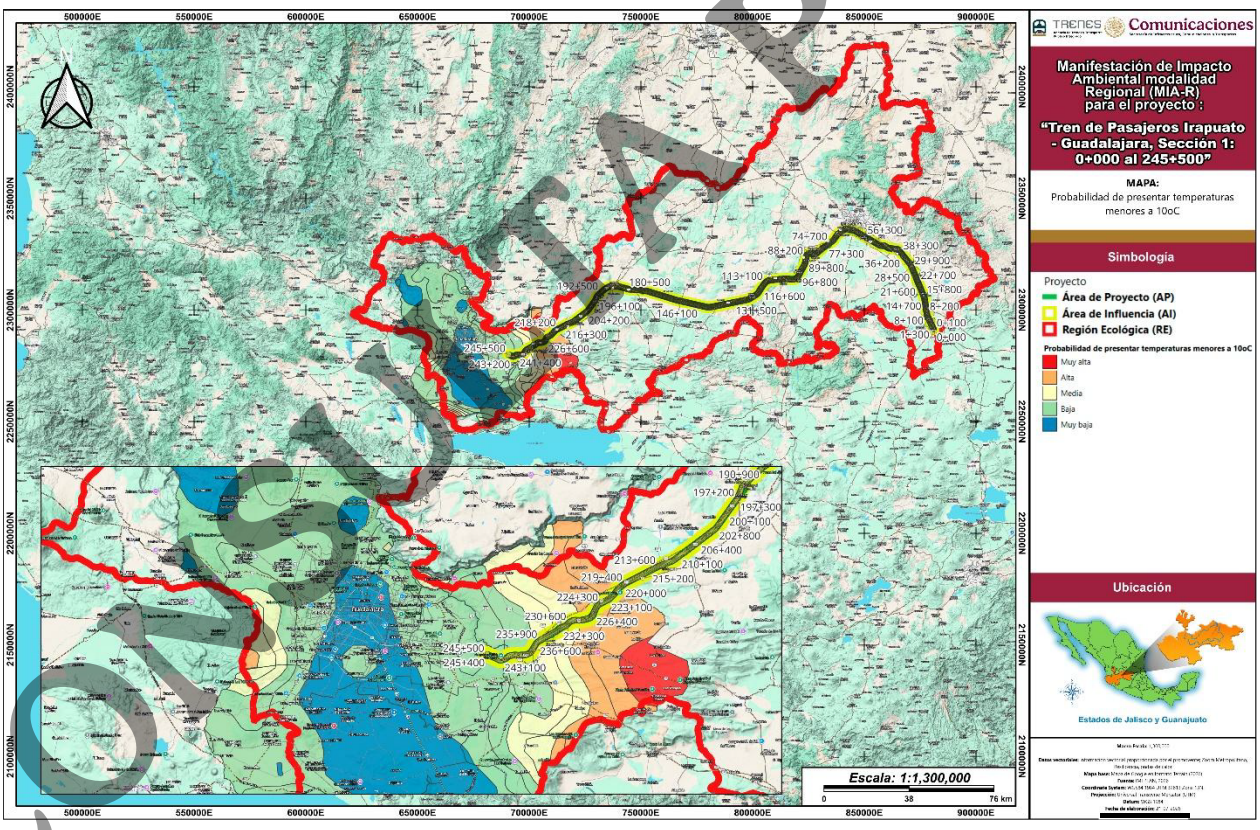


Figura III.22. Probabilidad de presentar temperaturas menores a 10ºC dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Vulnerabilidad social ante ondas de frío**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 1.18 % de la superficie presentó una vulnerabilidad social baja a ante ondas de frío, mientras que el 1.00 % fue media, en el 0.76 % fue alta, y en el 0.11 % restante fue muy baja. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de vulnerabilidad mayoritariamente bajas y altas.

Tabla III.25. Incidencia de la vulnerabilidad social ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Vulnerabilidad	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy alta	0	0.00
Alta	149,253,298	0.76
Media	197,323,968	1.00
Baja	230,878,876	1.18
Muy baja	21,507,210	0.11
Sin incidencia	19,043,225,753	96.95
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

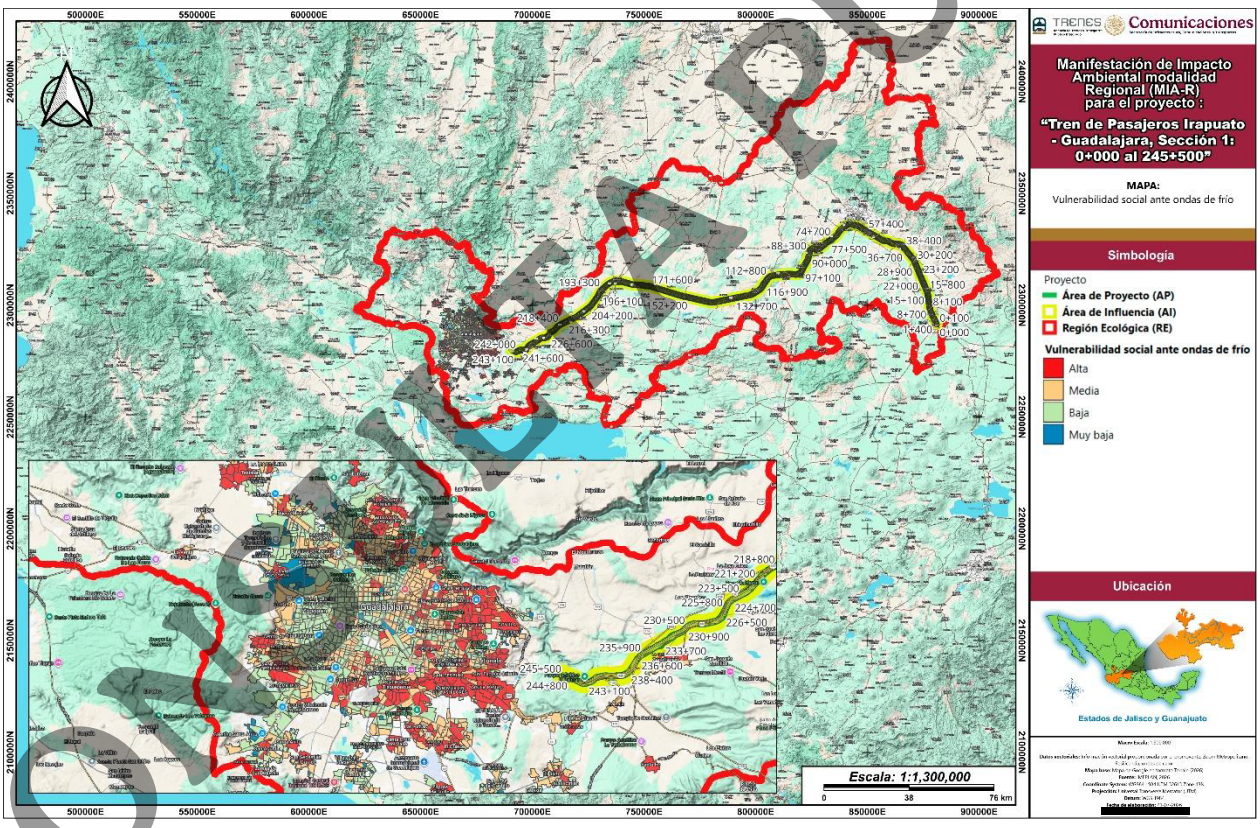


Figura III.23. Vulnerabilidad social ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Riesgo ante ondas de frío**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) el 1.56 % de la superficie presentó un riesgo bajo ante ondas de frío, mientras que el 1.29 % fue medio, en el 0.10 % fue alto, y en el 0.11 % restante fue muy bajo. En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo atravesará zonas de riesgo mayoritariamente bajos y medios.

Tabla III.26. Incidencia del riesgo ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riesgo	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0	0.00
Alto	19,732,645	0.10
Medio	252,977,615	1.29
Bajo	307,216,793	1.56
Muy bajo	21,046,214	0.11
Sin incidencia	19,041,215,837	96.94
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

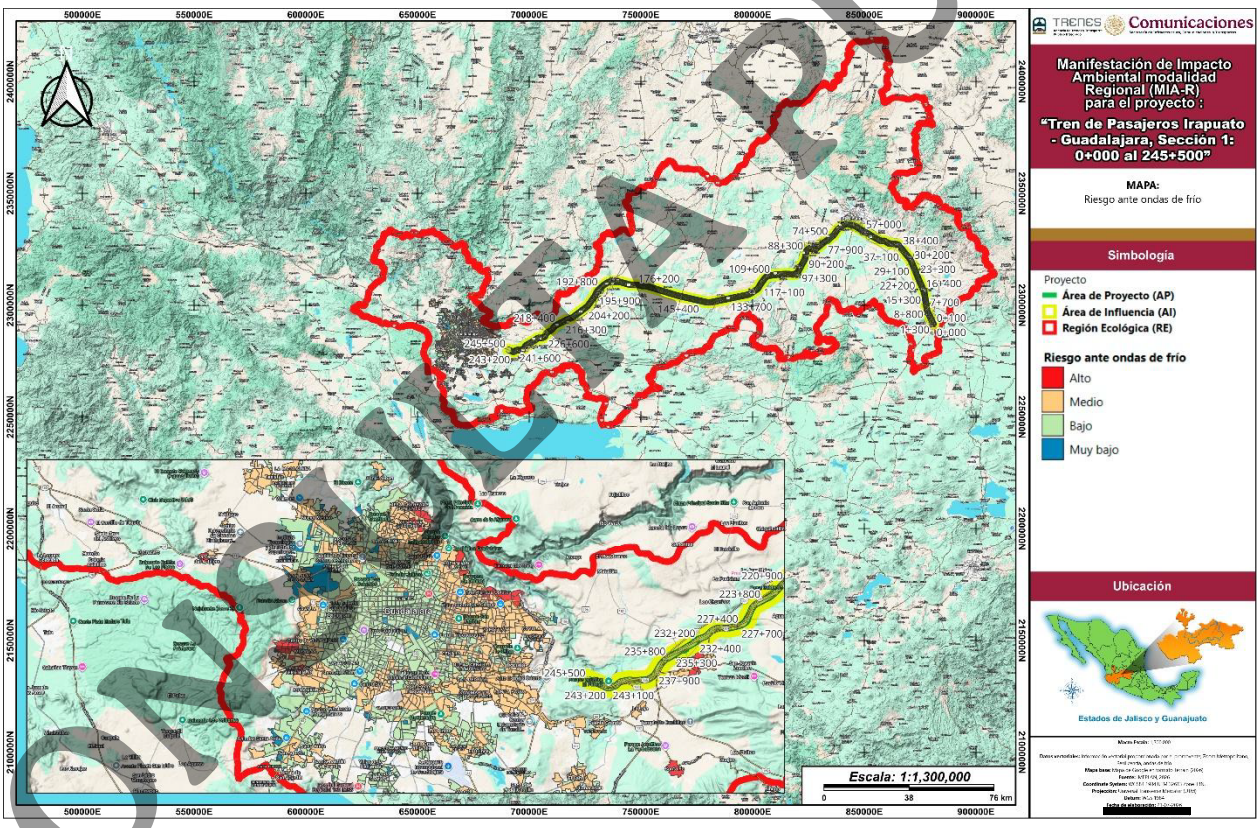


Figura III.24. Riesgo ante ondas de frío dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Para más información y revisión del documento, consultar el ***ANX.IV. Soporte de medio abiótico> Clima.***

COPIA PÚBLICA



III.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

III.3.1. Provincias geológicas

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Continuo Nacional Geológico – INEGI–SGM (Escala 1:250 000).

La Región Ecológica (RE) se encuentra ubicada dentro de las siguientes 3 provincias geológicas de Complejo Orogénico Zacatecano, Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental y Faja Volcánica Transmexicana, presentando una mayor incidencia en la provincia geológica de Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental con 64.34%, seguida del Complejo Orogénico Zacatecano en un 29.52% sobre la superficie total.

En el caso del AP, esta se encuentra inmersa dentro de 2 provincias geológicas, siendo la de mayor incidencia la Faja Volcánica de la Sierra Madre Occidental con un 82.05 %, seguida del Complejo Orogénico Zacatecano con un 17.95 %.

Tabla III.27. Incidencia de las provincias geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Provincias geológicas	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
24. Complejo Orogénico Zacatecano	5,799,296,213	29.52
25. Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental	12,637,972,298	64.34
26. Faja Volcánica Transmexicana	1,204,920,593	6.13
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

Tabla III.28. Incidencia de las provincias geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Provincias geológicas	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
24. Complejo Orogénico Zacatecano	1,765,138	17.95
25. Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental	8,069,334	82.05
Total	**9,834,472**	**100.00**

A continuación, se presenta una breve descripción de las provincias geológicas en comento de acuerdo con el documento de las *Provincias Geológicas de México* de PEMEX (2010).

- Complejo Orogénico Zacatecano

Se ubica en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro. Esta provincia está formada por rocas volcánicas terciarias y sedimentarias del Cretácico subyacidas por rocas vulcano-sedimentarias del Jurásico y Triásico y sedimentarias del Pérmico. Presenta pliegues amplios y fallamiento.

- Faja Volcánica de la Sierra Madre Occidental

Ubicada en los estados de Chihuahua, Sonora, Durango, Zacatecas, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Es la provincia geológica de mayor extensión en México y está formada por rocas ígneas del Cretácico y Terciario, principalmente ignimbritas. Presenta fallamiento extensional profundo.

CONSULTA PÚBLICA





- **Faja Volcánica Transmexicana**

Se ubica en los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla y Veracruz. Se orienta oeste-este y está constituida por rocas ígneas del Neógeno, formando la cadena de volcanes más extensa de México.

III.3.2. Geología

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Continuo Nacional Geológico – INEGI–SGM (Escala 1:250 000).

De acuerdo con la clasificación de INEGI y el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), dentro de la Región Ecológica se identificó la incidencia en 48 unidades geológicas pertenecientes a 2 eras geológicas (del Cenozoico y Mesozoico), así como en 8 periodos geológicos.

Respecto a la incidencia por unidad geológica, el 18.78 % corresponde a Basalto-Andesita TmB-A del periodo terciario y en un 11.11% a Arenisca-Conglomerado poligénico Neógeno-Cuaternario. Para el resto de las unidades geológicas se reportaron incidencias menores al 11 %.

Tabla III.29. Incidencia de unidades geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Litología	Era	Periodo	Clave SGM	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Qhoal	1,586,692,138	8.08
Andesita	Cenozoico	Terciario	ToA	63,201,250	0.32
Andesita-Basalto	Cenozoico	Cuaternario	QptA-B	98,153,481	0.5
Andesita-Basalto	Cenozoico	Neógeno-Cuaternario	TplQptA-B	216,388,909	1.1
Andesita-Basalto	Cenozoico	Terciario	TmA-B	406,850,533	2.07
Arenisca-Conglomerado poligénico	Cenozoico	Neógeno	TplAr-Cgp	665,968,285	3.39
Arenisca-Conglomerado poligénico	Cenozoico	Neógeno-Cuaternario	TplQptAr-Cgp	2,182,100,474	11.11
Arenisca-Conglomerado poligénico	Cenozoico	Terciario	TmAr-Cgp	584,360,838	2.98
Arenisca-Toba riolítica	Cenozoico	Neógeno	TplAr-TR	250,062,408	1.27
Arenisca-Toba riolítica	Cenozoico	Terciario	TmAr-TR	24,489,750	0.12
Basalto	Cenozoico	Cuaternario	QptB	421,832,263	2.15
Basalto	Cenozoico	Neógeno	TplB	7,065,118	0.04
Basalto	Cenozoico	Terciario	TmB	124,064,873	0.63
Basalto	Mesozoico	Jurásico	JsB	88,152,327	0.45
Basalto-Andesita	Cenozoico	Neógeno	TplB-A	973,504,066	4.96
Basalto-Andesita	Cenozoico	Terciario	TmB-A	3,687,849,183	18.78
Caliza	Cenozoico	Neógeno	TplCz	52,494,014	0.27
Caliza-Lutita	Mesozoico	Cretácico	KiCz-Lu	333,557	0
Conglomerado poligénico	Cenozoico	Terciario	TpaeCgp	77,150,751	0.39
Dacita	Cenozoico	Cuaternario	QptDa	16,641,690	0.08
Diorita	Mesozoico	Cretácico	KapaD	39,956,154	0.2
Diorita	Mesozoico	Jurásico	JsD	8,108,638	0.04
Gabro	Cenozoico	Terciario	ToGa	13,003,273	0.07
Granito	Cenozoico	Terciario	TpaeGr	214,942,552	1.09
Lacustre	Cenozoico	Cuaternario	Qhola	3,354,230	0.02
Latita	Cenozoico	Terciario	ToLa	61,902,988	0.32
Metavolcano-sedimentario	Mesozoico	Jurásico-Cretácico	JtKvMs-Mv	52,435,675	0.27
No aplicable	No aplicable	No aplicable	H2O	170,428,929	0.87
Riodacita	Cenozoico	Cuaternario	QptRd	27,717,722	0.14
Riolita	Cenozoico	Cuaternario	QptR	69,342,323	0.35
Riolita	Cenozoico	Terciario	TmplR	209,192,602	1.07
Riolita	Cenozoico	Terciario	TmR	143,229,570	0.73
Riolita	Cenozoico	Terciario	ToR	509,765,453	2.6
Riolita-Ignimbrita	Cenozoico	Terciario	TomR-Ig	604,421,518	3.08
Riolita-Ignimbrita	Cenozoico	Terciario	ToR-Ig	1,598,583,094	8.14
Riolita-Toba andesítica	Cenozoico	Terciario	TmR-TA	119,166,353	0.61

CONSULTA PÚBLICA





Litología	Era	Periodo	Clave SGM	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Riolita-Toba riolítica	Cenozoico	Paleógeno	ToR-TR	255,395,293	1.3
Toba andesítica	Cenozoico	Neógeno	TplTA	10,598,218	0.05
Toba riolítica	Cenozoico	Cuaternario	QptTR	765,093,015	3.9
Toba riolítica	Cenozoico	Terciario	TmplTR	2,038,756,038	10.38
Toba riolítica	Cenozoico	Terciario	TmTR	810,047	0
Toba riolítica	Cenozoico	Terciario	TomTR	844,910,797	4.3
Toba riolítica	Cenozoico	Terciario	ToTR	83,206,799	0.42
Toba riolítica-Riolita	Cenozoico	Terciario	TmplTR-R	2,576,456	0.01
Tonalita	Mesozoico	Jurásico	JsTn	44,101,093	0.22
Traquita	Cenozoico	Terciario	ToTq	876,287	0
Ultramáfica	Mesozoico	Jurásico	JsUm	25,237,768	0.13
Volcanosedimentaria	Mesozoico	Cretácico	Kbet(?)Vs	197,720,312	1.01
Total				19,642,189,104	100

Para el Área del Proyecto (AP), se identificó la incidencia en 8 unidades geológicas pertenecientes a 1 era geológica (del Cenozoico), así como en 4 periodos geológicos. Respecto a la incidencia por unidad geológica, el 45.28 % corresponde a Basalto-Andesita TmB-A del periodo terciario y en un 32.16 % a Arenisca-Conglomerado poligénico del Neógeno-Cuaternario. El resto de las unidades geológicas presentaron incidencias menores al 15 %

Tabla III.30. Incidencia de unidades geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Litología	Era	Periodo	Clave SGM	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Qhoal	10,239	0.10
Arenisca-Conglomerado poligénico	Cenozoico	Terciario	TmAr-Cgp	136,054	1.38
Arenisca-Conglomerado poligénico	Cenozoico	Neógeno-Cuaternario	TplQptAr-Cgp	3,162,371	32.16
Basalto-Andesita	Cenozoico	Terciario	TmB-A	4,453,248	45.28
Basalto-Andesita	Cenozoico	Neógeno	TplB-A	237,233	2.41
No aplicable	No aplicable	No aplicable	H2O	38,027	0.39
Riolita-Toba andesítica	Cenozoico	Terciario	TmR-TA	372,563	3.79
Toba riolítica	Cenozoico	Terciario	TmplTR	1,424,738	14.49
Total				9,834,472	100

CONSULTA PÚBLICA



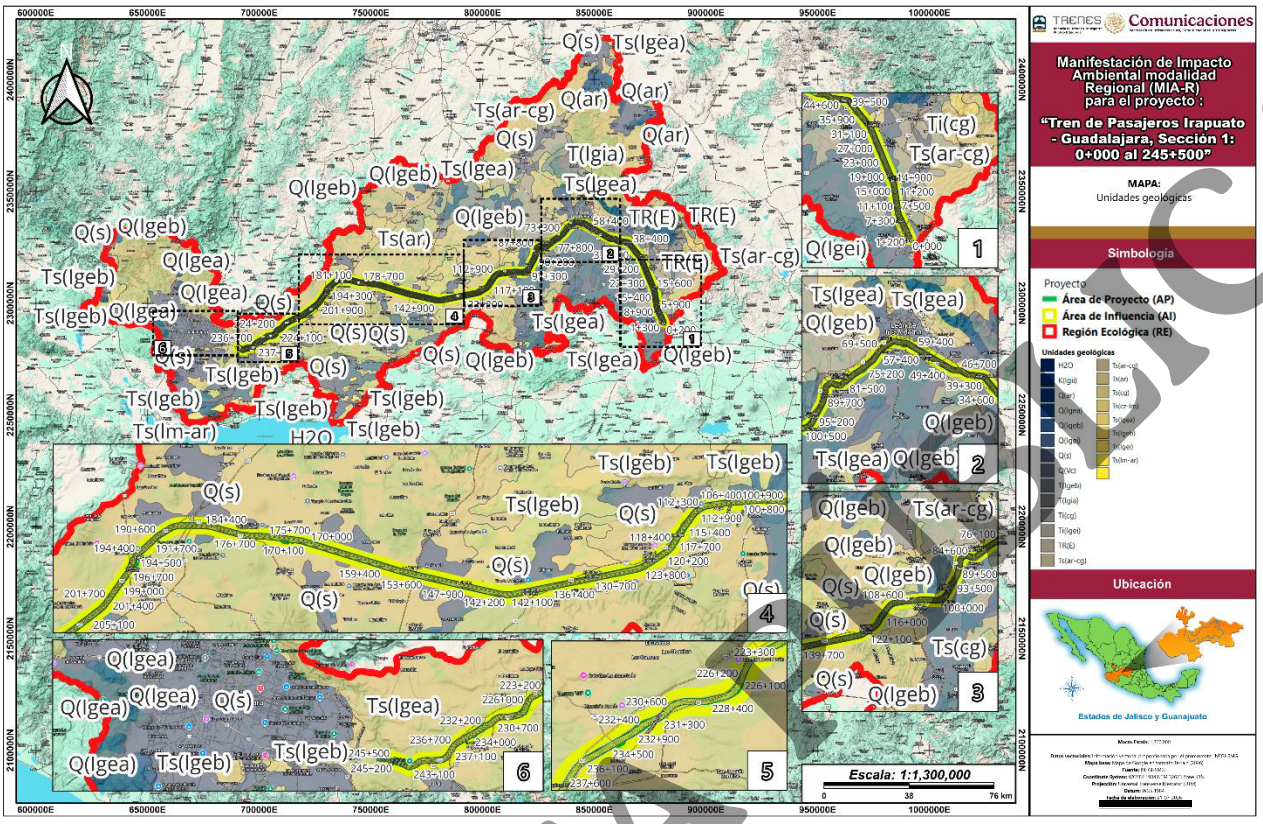


Figura III.25. Incidencia de las unidades geológicas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

III.3.3. Fisiografía (provincias y subprovincias fisiográficas)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Provincias y Subprovincias Fisiográficas. INEGI. 1:4,000,000.

La Región Ecológica (RE) incide sobre 3 provincias fisiográficas y 1 cuerpo de agua perenne, de las cuales se encuentra en mayor medida en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico con un 81.59 %, seguida de la Mesa del Centro con un 14.36 %. En el caso de las subprovincias fisiográficas, la RE incide sobre 9 de ellas y 1 cuerpo de agua perenne, abarcando una mayor extensión sobre la denominada Altos de Jalisco con un 46.57 % de incidencia, seguida de Bajío Guanajuatense en un 15.91 %, y de Chapala en un 11.23 %.

Para el caso del AP, se incide sobre 1 provincias fisiográfica y 1 cuerpo de agua perenne, en donde el Eje Neovolcánico ocupa casi el total de su superficie con un 99.7 %. Para las subprovincias fisiográficas, se incide sobre 3 de ellas en donde el 70.10 % corresponde a los Altos de Jalisco, y en segundo lugar se encuentra el Bajío Guanajuatense con un 28.41% de ocupación y por último la subprovincia de Chapala que abarca un 1.19% del total. El resto de la superficie pertenece a un cuerpo de agua, el cual abarca solamente 0.31 %.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III.31. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Provincia Fisiográfica	Subprovincia Fisiográfica	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Cuerpo de agua perenne	Cuerpo de agua perenne	48,711,545	0.25
Eje Neovolcánico	Altos de Jalisco	9,148,284,052	46.57
	Bajío Guanajuatense	3,125,089,758	15.91
	Chapala	2,205,400,038	11.23
	Guadalajara	1,546,618,095	7.87
Mesa del Centro	Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes	859,384,067	4.38
	Sierra Cuatralba	479,269,166	2.44
	Sierra de Guanajuato	1,025,368,199	5.22
	Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato	456,189,894	2.32
Sierra Madre Occidental	Sierras y Valles Zacatecanos	747,874,291	3.81
Total		**19,642,189,104**	**100.00**

Tabla III.32. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Provincia Fisiográfica	Subprovincia Fisiográfica	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Cuerpo de agua perenne	Cuerpo de agua perenne	30,325	0.31
Eje Neovolcánico	Altos de Jalisco	6,893,905	70.10
	Bajío Guanajuatense	2,793,624	28.41
	Chapala	116,618	1.19
Total		**9,834,472**	**100.00**

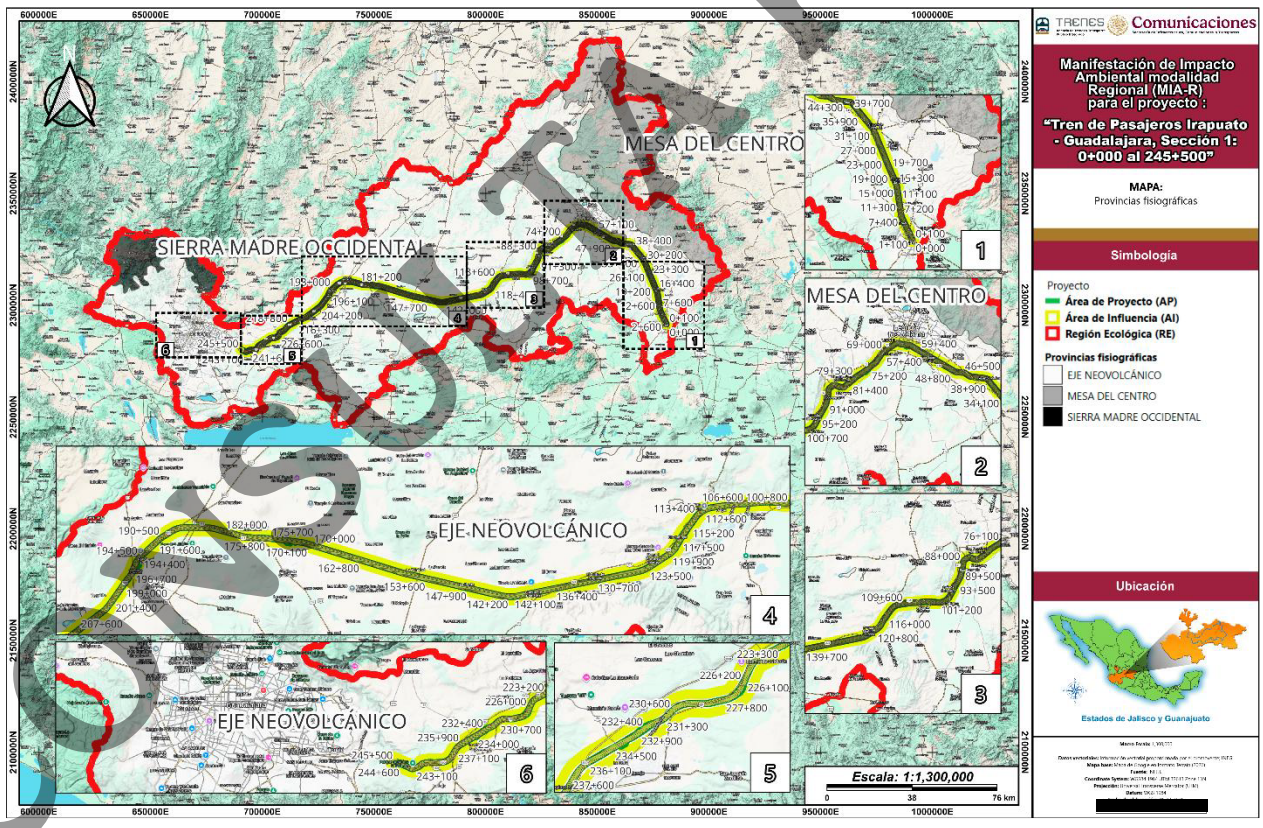


Figura III.26. Incidencia de las provincias fisiográficas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

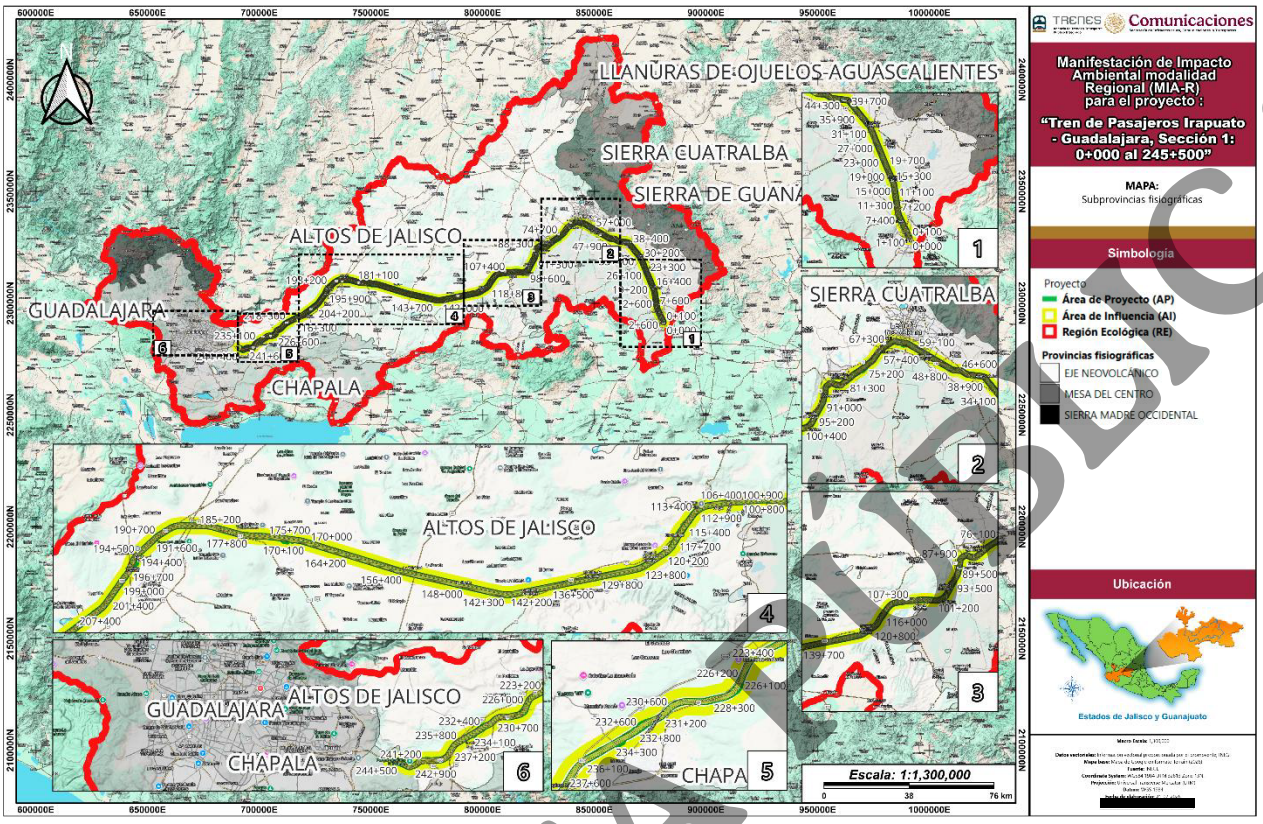


Figura III.27. Incidencia de las subprovincias geológicas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de las provincias fisiográficas en las que incide la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP).

- **Eje Neovolcánico**

La Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico o de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) está reconocida como centro de diversificación, endemismo y transición biogeográfica. Debido a su heterogeneidad ambiental, origen geológico complejo e intrincados patrones de distribución, aún no existe acuerdo en cuanto a su delimitación geográfica y la diferenciación ecológica y biogeográfica de su biota. Para realizar la caracterización de la provincia y de las unidades que la conforman y analizar los patrones de distribución de su mastofauna, a partir de los límites geográficos y lista de especies, se realizó un análisis espacial de su geología, altitud, clima y tipo de vegetación. Asimismo, se analizaron los patrones de riqueza y endemismo asociados con diferentes variables ambientales; esto último, a partir de modelos de nicho ecológico. Se caracteriza la FVT como una unidad biogeográfica con 2 distritos (este y oeste), donde la vegetación y la altitud son las variables que mejor explican la distribución de riqueza y endemismo de su mastofauna y la porción más relevante el bosque de pino–encino de los 2 000 a los 3 000 metros. La mayor riqueza de especies se presenta en los órdenes Rodentia y Chiroptera; 12 de los 13 géneros de mamíferos endémicos de México tienen representación en la FVT y se registran 14 especies endémicas de la provincia, en su mayoría roedores (Gámez *et al.*, 2012).

CONSULTA PÚBLICA



- **Mesa del Centro**

La Mesa Central es una provincia fisiográfica caracterizada por ser una región elevada que internamente puede subdividirse en dos regiones. La región sur tiene cotas que se encuentran por encima de los 2 000 msnm, con excepción del valle de Aguascalientes, es una zona montañosa cubierta en su mayor parte por rocas volcánicas cenozoicas. La región norte, que es de mayor extensión, muestra un estado de erosión más avanzado que la región sur, tiene grandes cuencas continentales rellenas de sedimentos aluviales y lacustres, y presenta cotas por debajo de los 2 000 msnm. La configuración de la corteza en la Mesa Central muestra un espesor de ca. 32 km y está flanqueada por la Sierra Madre Oriental con espesor de ca. 37 km y la Sierra Madre Occidental de ca. 40 km. Bajo la corteza se infiere la presencia de cuerpos parcialmente fundidos de material mantélico atrapados en la zona adelgazada, sugiriendo que la adición de materiales fundidos en la base produjo el levantamiento y calentamiento de la parte inferior y media de la corteza.

Las rocas más antiguas que afloran en la Mesa Central son facies marinas de edad triásica y delimitan burdamente la zona del margen continental para ese tiempo. Yaciendo sobre esas rocas aparecen distribuidas en toda la Mesa Central rocas continentales de edad jurásica. A partir del Oxfordiano y hasta finales del Cretácico prevalecieron condiciones marinas. Durante ese lapso se depositaron tres conjuntos litológicos muy distintos, hacia el margen oriental se encuentra una secuencia de plataforma, denominada Plataforma Valles-San Luis Potosí que en su mayor parte queda comprendida en la Sierra Madre Oriental, pero hacia la Mesa Central está representada por facies arrecifales y principalmente de talud; hacia el centro de la Mesa Central aparecen rocas de cuenca marina que constituyen secuencias potentes de lutita y arenisca calcáreas y culminan con arenisca que contiene clastos de rocas volcánicas, a este conjunto se lo denomina Cuenca Mesozoica del Centro de México. Hacia los límites occidental y sur aparecen conjuntos volcanosedimentarios marinos en los que se reconocen espesores grandes de basaltos almohadillados con componentes sedimentarios que consisten principalmente en lutita, arenisca y caliza; en algunas localidades las lavas y los sedimentos se encuentran intercalados. Todas estas rocas muestran deformación plicativa y fallamiento inverso, los cuales fueron producidos durante la orogenia Laramide. Sobre estos conjuntos litológicos aparecen en contacto por una gran discordancia angular las rocas de edad cenozoica, todas de origen continental y que hacia la base de la secuencia consisten en conglomerados y rocas volcánicas de composiciones andesíticas a riolíticas. Hacia la parte superior la secuencia volcánica cenozoica consiste en un gran apilamiento de rocas de composición riolítica caracterizadas por una composición química peculiar que las identifica como riolitas "topacíferas" y cuyo origen fue mayoritariamente por fusión de la corteza. Hacia la cima de la secuencia cenozoica aparecen basaltos alcalinos de edad Mioceno y Cuaternario, volumétricamente modestos (Nieto-Samaniego *et al.*, 2005).

- **Sierra Madre Occidental**

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el complejo montañoso más largo y continuo de México, abarcando desde la frontera con Estados Unidos hasta la zona norte de Jalisco. Tiene un gran valor económico y ambiental por captar la mayor parte del agua que abastece los mantos freáticos e irriga a amplias zonas en el noroeste de México. Esto hace que sea

CONSULTA PÚBLICA





de gran importancia conocer mejor nuestro territorio, desde su clima hasta su vegetación. Es por esto que en esta investigación se pretende estudiar y comprender como es que se forma nuestra Sierra Madre Occidental, no solo como se ven a simple vista montañas cubiertas de verde vegetación, sino también conocer cuál es esa vegetación, como es que llegó ahí y cuáles son las condiciones en las que se encuentran. Dentro de los bosques de pino-encino se encuentra la más grande diversidad florística de todo México, además de caracterizarse también por tener la mayor superficie de bosques templados y contar con una gran diversidad de hábitats. La SMO, establece además los límites occidentales de distribución de muchas especies del Desierto Chihuahuense y del Altiplano seco en general, al actuar como barrera entre esa provincia y las comunidades de la planicie costera occidental. Adicionalmente, alberga una importante diversidad biocultural, también incluye 32 de 152 regiones terrestres prioritarias de México. En lo anterior radica la importancia de la Sierra Madre Occidental y por qué debemos conocerla ya que en ella se encuentran recursos muy valiosos y de este modo se les podría sacar provecho sin llegar a dañar el vasto territorio que esta ocupa.

III.3.4. Sistema de topoformas

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Provincias y Subprovincias Fisiográficas. INEGI. 1:4,000,000.

La RE incide en 37 topoformas y 1 cuerpo de agua perenne, de la cuales la que tienen mayor incidencia son la Meseta Basáltica de Lomerío con un 18.18 %, seguida de la Llanura Aluvial con un 16.13 % y en tercer lugar el Lomerío de Basalto con un 8.85 % de incidencia. El resto de las topoformas incide en porcentajes menores al 8 %.

Para el AP, inciden 7 toporformas y 1 cuerpo de agua perenne, de las cuales la que presenta la mayor incidencia es la Llanura Aluvial en un 27.56 %, seguida de la Meseta Basáltica con Lomerío en un 23.98 %, el Lomerío de Basalto en un 20.99 % y la Llanura de piso rocoso o cementado en un 15.19%. El resto de topoformas inciden en menos de un 10 %.

Tabla III.33. Incidencia del sistema de topoformas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Sistema de topoformas	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Cañón típico	566,177,054	2.88%
Depresión	41,853,996	0.21%
Domo volcánico	134,947,879	0.69%
Escudo volcanes	858,705,723	4.37%
Llanura aluvial	3,169,028,592	16.13%
Llanura aluvial de piso rocoso o cementado	18,702,720	0.10%
Llanura de piso rocoso o cementado	861,139,241	4.38%
Llanura desértica	265,072,688	1.35%
Llanura desértica con cañadas de piso rocoso o cementado	176,375,205	0.90%
Llanura desértica de piso rocoso o cementado	188,655,712	0.96%
Lomerío de aluvión antiguo	1,428,122,563	7.27%
Lomerío de aluvión antiguo con mesetas	372,868,811	1.90%
Lomerío de basalto	1,738,940,189	8.85%
Lomerío de basalto con cañadas	544,733,684	2.77%
Lomerío de pie de monte	32,755,315	0.17%
Lomerío de tobas con cañadas	44,855,291	0.23%
Meseta basáltica	115,453,333	0.59%

CONSULTA PÚBLICA





Sistema de topoformas	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Meseta basáltica con cañadas	748,231,302	3.81%
Meseta basáltica con lomerío	3,570,195,698	18.18%
Meseta basáltica escalonada	311,038,636	1.58%
Meseta disectada	74,619,623	0.38%
Meseta típica	295,521,974	1.50%
N/A	48,711,553	0.25%
Sierra alta	645,139,815	3.28%
Sierra alta con mesetas	632,304,559	3.22%
Sierra alta escarpada	183,042,856	0.93%
Sierra alta escarpada con mesetas	539,957,846	2.75%
Sierra baja	4,642,626	0.02%
Sierra baja escarpada	30,871,446	0.16%
Sierra con laderas de escarpa de falla	295,382,980	1.50%
Sierra con laderas de escarpa de falla con mesetas	438,603,420	2.23%
Sierra volcánica con estrato volcanes	171,935,417	0.88%
Sierra volcánica de laderas escarpadas	99,783,025	0.51%
Sierra volcánica de laderas tendidas	125,130,504	0.64%
Sierra volcánica de laderas tendidas con mesetas	84,989,808	0.43%
Valle de laderas escarpadas con lomerío	274,643,048	1.40%
Valle de laderas tendidas	505,727,267	2.57%
Valle típico	3,327,704	0.02%
Total	**19,642,189,104**	**100.00%**

**Los resultados tras el análisis en SIGEIA, evidenciaron la incidencia de 5 diferentes tipos de sistemas de topoformas en la Región Ecológica, siendo la Sierra alta compleja aquella que no fue incluida en la tabla anterior dado a que su incidencia con el área es menor a 1 m². La información correspondiente para corroborar este dato se encuentra en el ANX.3. Soportes de medio abiótico > b) Geología y geomorfología > 3. Topoformas.*

Tabla III.34. Incidencia del sistema de topoformas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Sistema de topoformas	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Escudo volcanes	116,618	1.19
Lomerío de basalto	2,064,122	20.99
Lomerío de aluvión antiguo	81,787	0.83
Meseta basáltica con lomerío	2,358,165	23.98
Llanura aluvial	2,711,837	27.57
Llanura de piso rocoso o cementado	1,493,540	15.19
Valle de laderas escarpadas con lomerío	978,079	9.95
N/A	30,325	0.31
Total	**9,834,472**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA





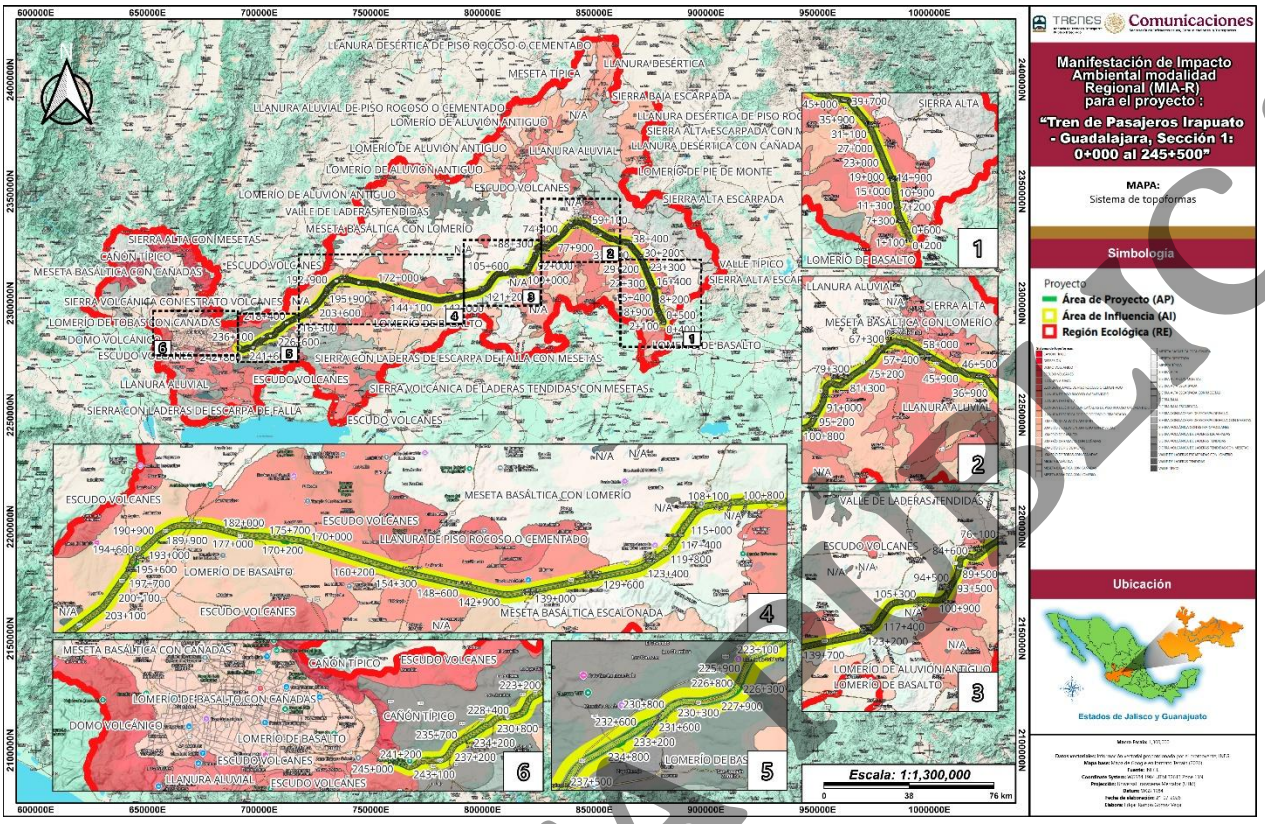


Figura III.28. Incidencia de los sistemas de topoformas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de los sistemas de topoformas que inciden dentro del Área del Proyecto (AP).

- **Escudo volcanes**

Se trata de una unidad o sistema de topoforma caracterizado por formaciones de relieve amplio y plano con pendientes muy suaves. Estas estructuras se originan por la acumulación de capas sucesivas de lava muy líquida o fluida que se extienden a grandes distancias antes de enfriarse.

- **Domo volcánico**

Es una unidad de relieve caracterizada por elevaciones en forma de cúpula o montículo circular. Se forma cuando la lava muy espesa y viscosa es expulsada de un cráter de manera lenta y se acumula en la superficie sin derramarse lejos.

- **Lomerío de basalto**

Es conjunto de pequeñas elevaciones del terreno formadas por rocas volcánicas oscuras y duras llamadas basaltos. Estas formas del suelo muestran laderas suaves y se originan por el enfriamiento de la lava de antiguos volcanes.

CONSULTA PÚBLICA





- **Lomerío de aluvión antiguo**

Es un sistema de topoformas clasificados como un conjunto de pequeñas elevaciones o lomas formadas por la acumulación y posterior desgaste de sedimentos antiguos depositados por corrientes agua.

- **Lomerío de basalto con cañadas**

Es un sistema de relieve caracterizado por conjuntos de colinas o lomeríos formados por roca basálticas (de origen volcánico), los cuales están fracturados o cortados por valles estrechos, barrancas o cañadas profundas formadas por la erosión del agua.

- **Meseta basáltica con lomerío**

Es un sistema de topoformas que define un terreno elevado y plano de gran extensión, formado por rocas volcánicas de basalto, el cual presenta además pequeñas lomas o cerros bajos sobre su superficie superior.

- **Llanura aluvial**

Es una unidad caracterizada por una superficie plana y baja. Se forma por la acumulación de sedimentos (arena, grava y barro) que los ríos y arroyos transportan y depositan durante las crecidas e inundaciones.

- **Llanura de piso rocoso o cementado**

Es una unidad en forma de relieve plano o con pendiente muy baja cuya superficie está compuesta por roca sólida o por capas de suelo endurecidas por minerales naturales. Este tipo de terreno limita la filtración profunda del agua y dificulta la agricultura profunda.

- **Valle de laderas escarpadas con lomerío**

Es una unidad geomorfológica la cual se describe como una zona de valle fluvial flanqueada por laderas pronunciadas y verticales, combinada con conjuntos de lomas o pequeños cerros de pendientes medias a fuertes en su entorno inmediato.

CONSULTA PÚBLICA



III.3.5. Riesgos geológicos y geomorfológicos

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Peligros Geomorfológicos. INEGI, SGM, UNAM (Instituto de Geología). 1:250,000.

- **Fallas y fracturas**

Dentro de la Región Ecológica (RE) se localizan solamente 27 fracturas y 33 fallas; de ellas, las fracturas más comunes son las que corren de noreste a suroeste con 13, seguida de las que van de noroeste a sureste con 9, mientras que para las fallas las más comunes son las que corren de noreste a suroeste con 12 y de este a oeste con 10. En tanto, dentro del AP sólo incide 1 falla que se oriente de oeste a este cerca de la Presa de Calderón dentro del Estado de Jalisco.

Tabla III.35. Fallas y fracturas con incidencia dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Tipo	Dirección	Cantidad	Longitud (m)
Falla	Este-Oeste	10	146129.8644
	Noreste-Suroeste	12	150710.4213
	Noroeste-Sureste	9	110778.5484
	Norte-Sur	2	27773.41074
Fractura	Este-Oeste	1	12981.19003
	Noreste-Suroeste	13	103923.7594
	Noroeste-Sureste	9	68684.72619
	Norte-Sur	4	45977.47749

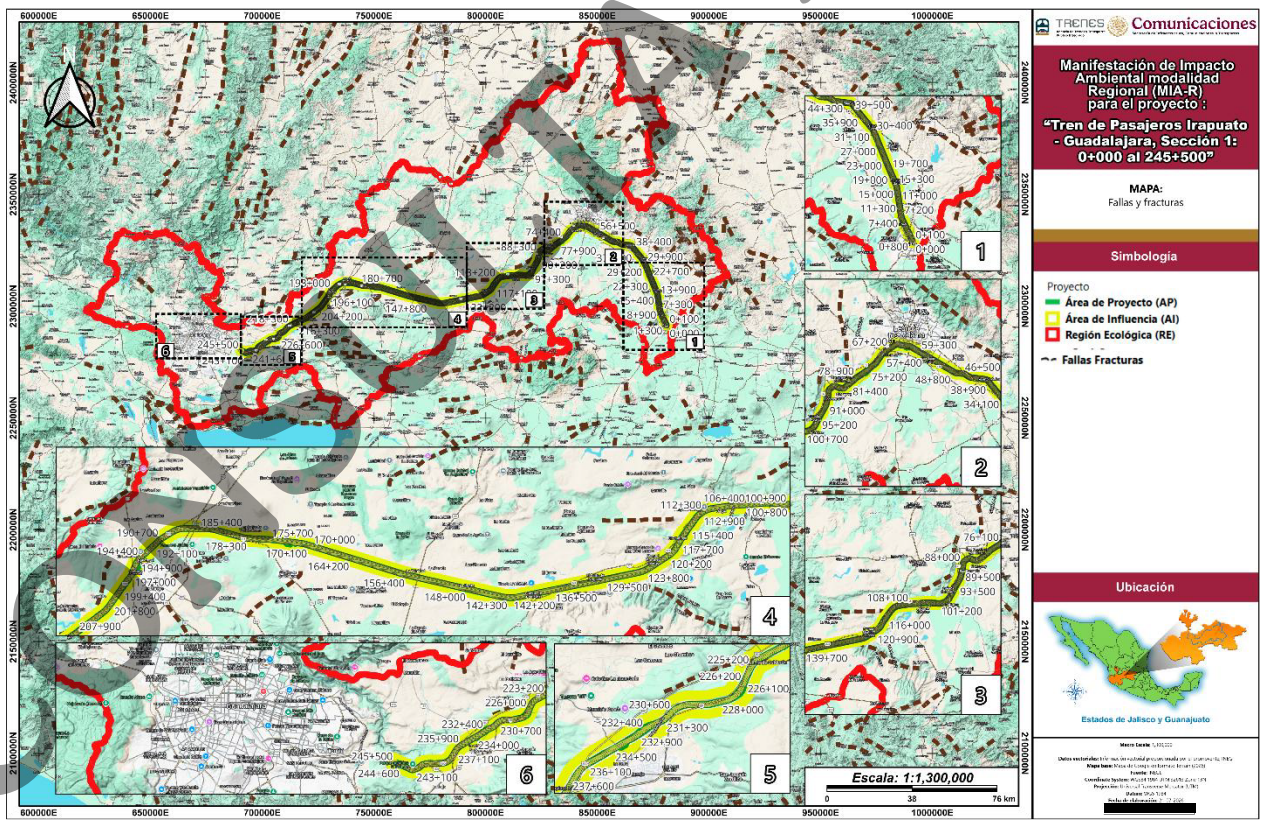


Figura III.29. Incidencia de fallas y fracturas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Riesgo por hundimiento**

Se identificó que 1,228,293,264 (6.25%) de la superficie total presenta riesgo por hundimiento, 1,216,147,624 m² presenta un riesgo de hundimiento por colapso o asentamiento superficial del terreno, lo cual corresponde a un 6.19 % de la totalidad de la RE, y 12,145,640 que corresponde al 0.06% de la superficie total corresponde a riesgo por hundimiento debido al movimiento tectónico diferencial. En tanto, dentro del AP, 1,753,535 m² (17.83 %) inciden dentro de zonas de Colapso o asentamiento superficial del terreno en la parte del municipio de León.

Tabla III.36. Tipos de riesgo por hundimientos con incidencia dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de hundimiento	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Colapso o asentamiento superficial del terreno	1,216,147,624	6.19
Movimiento tectónico diferencial	12,145,640	0.06
Sin hundimiento	18,413,895,840	93.75
Total	19,642,189,104	100.00

Tabla III.37. Tipos de riesgo por hundimientos con incidencia dentro del AP. Elaboración propia.

Tipo de hundimiento	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Colapso o asentamiento superficial del terreno	1,753,535	17.83
Sin hundimiento	8,080,937	82.17
Total	**9,834,472**	**100.00**

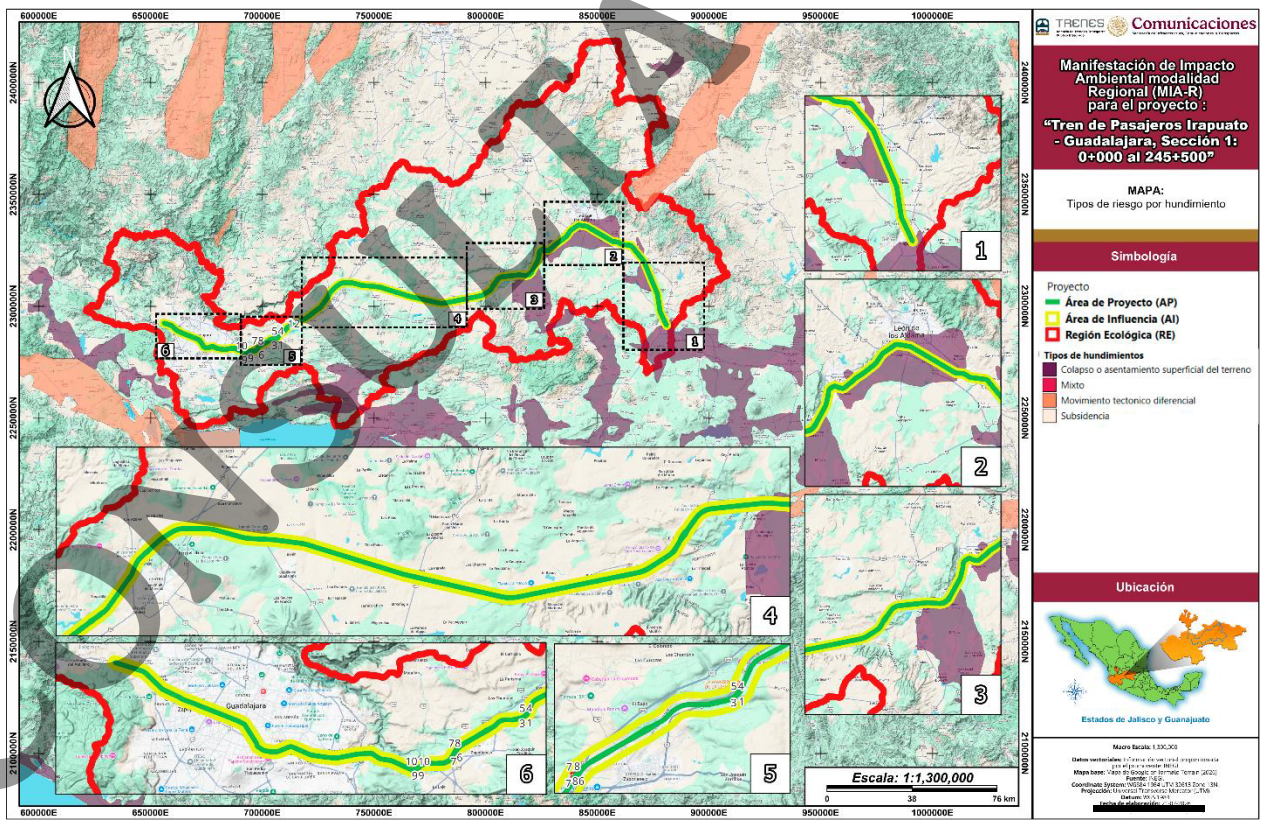


Figura III.30. Incidencia de los tipos de riesgo por hundimiento dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

- **Peligros geomorfológicos**

Conforme al análisis de los peligros geomorfológicos, de acuerdo con el SIGEIA, se identificó que la RE incide sobre 77,375,194 m² (0.39 %) sobre áreas con peligro de abarrancamiento y en 103,757,630 m² (0.53 %) sobre áreas con peligro de Inundación en llanura de desborde. Por otra parte, el 99.08 % no presente ningún peligro geomorfológico.

Para el AP, sólo en 292,673 m² (3 %) de la superficie incide sobre áreas con peligro de Inundación en llanuras de desborde, mientras que los 9,541,799 m² (97 %) no presentan peligros geomorfológicos.

Tabla III.38. Tipos de peligros geomorfológicos con incidencia dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de peligro	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Abarrancamiento	77,375,184	0.39
Inundación en llanura de desborde	103,757,630	0.53
Sin peligro geomorfológico	19,461,056,290	99.08
Total	19,642,189,104	100.00

Tabla III.39. Tipos de peligros geomorfológicos con incidencia dentro del AP. Elaboración propia.

Tipo de peligro	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Inundación en llanura de desborde	292,673	3
Sin peligro geomorfológico	9,541,799	97
Total	9,834,472	100.00

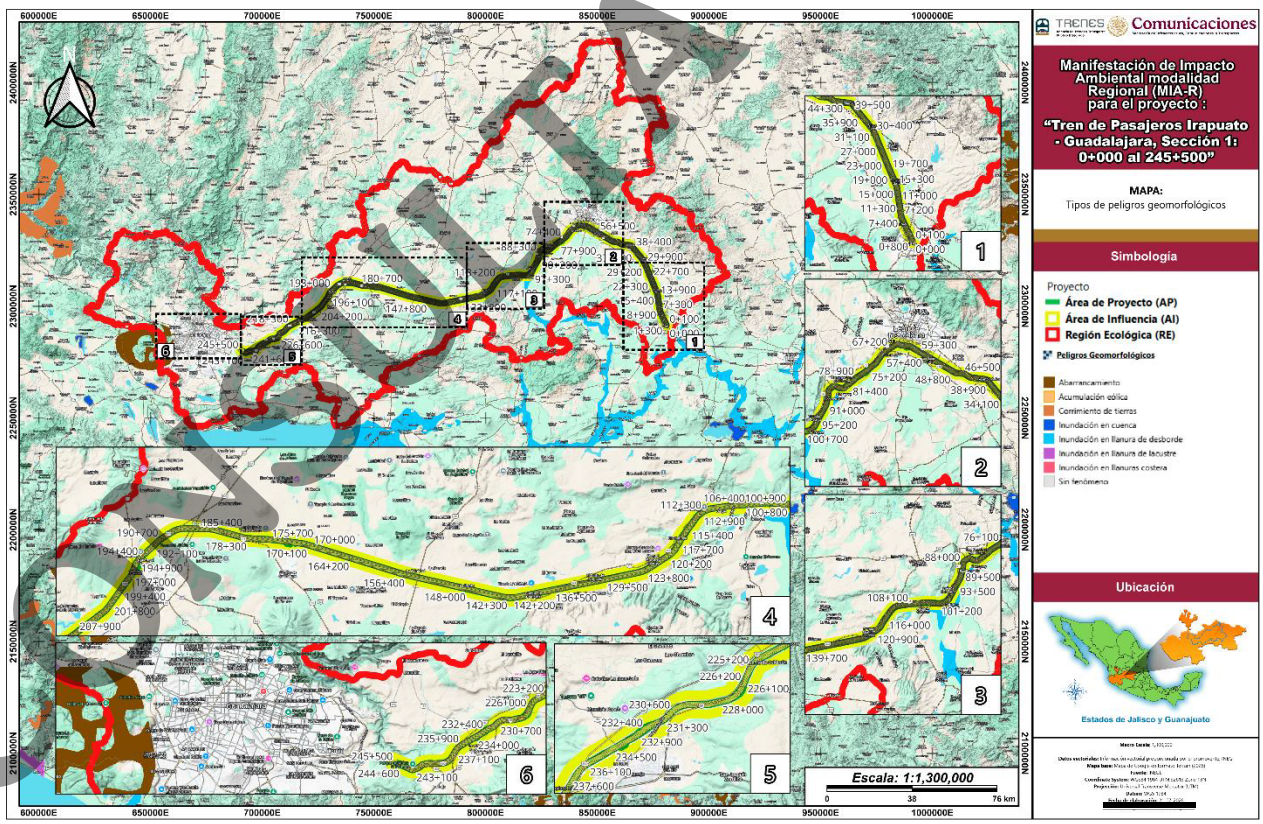


Figura III.31. Incidencia de los tipos de peligros geomorfológicos dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Riesgo por vulcanismo**

Para el caso de los riesgos por vulcanismo, dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó que el 82.84 % de su superficie incide sobre la denominada Región Volcánica con seguida de zonas denominadas Volcán Grande en un 3.67 %, dentro del Campo Monomagnético Cuaternario en un 1.57 %, y en el Aparato Volcánico sin Actividad Histórica Reportada en un 0.91 %. En tanto, el 11 % restante no presenta riesgo por vulcanismo. Para el Área del Proyecto (AP), se identificó que el 82.08 % de su superficie incide sobre la denominada Región Volcánica, seguida de zonas denominadas Volcán Grande en un 0.09. En tanto, el 17.83 % restante no presenta riesgo por vulcanismo.

Tabla III.40. Tipos de riesgo de vulcanismo con incidencia dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de riesgo	Superficie de incidencia (m^2)	Porcentaje de incidencia (%)
Aparato volcánico sin actividad histórica reportada	179,636,040	0.91
Campo monogenético cuaternario	308,912,957	1.57
Región volcánica	16,271,510,704	82.84
Volcán grande	721,711,208	3.67
Sin riesgo	2,160,418,196	11.00
Total	19,642,189,104	100.00

Tabla III.41. Tipos de riesgos de vulcanismo con incidencia dentro del AP. Elaboración propia.

Tipo de riesgo	Superficie de incidencia (m^2)	Porcentaje de incidencia (%)
Región volcánica	8,072,291	82.08
Volcán grande	8,646	0.09
Sin riesgo	1,753,535	17.83
Total	9,834,472	100.00

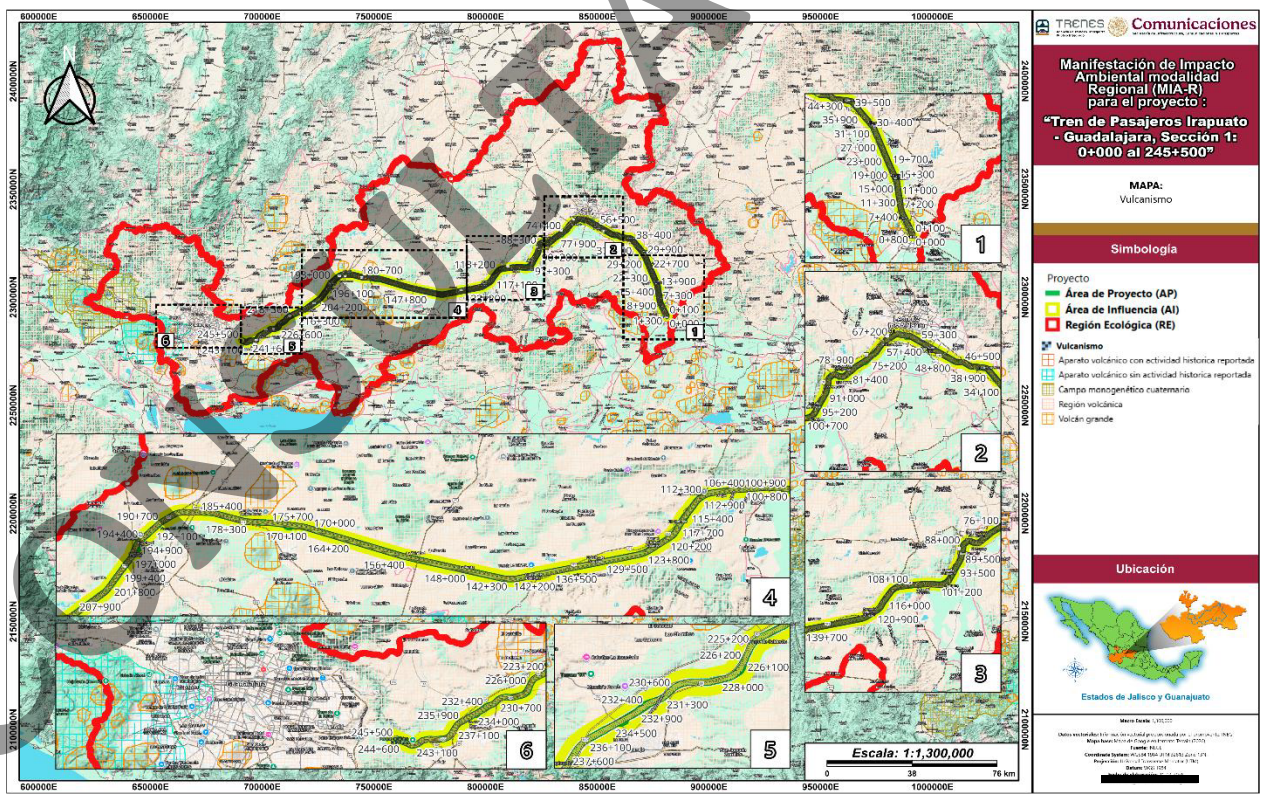


Figura III.32. Incidencia de los tipos de riesgo de vulcanismo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



III.3.6. Riesgos geológicos y geomorfológicos dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026.
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa

A continuación, se presenta una descripción de los riesgos geológicos y geomorfológicos asociados al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), que en el marco de este proyecto abarca a los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Esta información fue consultada dentro del Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del ZOOM Metropolitano (https://zoom.imeplan.mx/mapa) del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN).

- **Zonas de inestabilidad de laderas**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), se determinó la presencia de 6 tipos de inestabilidad de laderas que en orden de incidencia encontramos que ellos Suelos colapsables mayores a 11 grados ocupan el 1.069 %, seguido de Zonas susceptibles a deslizamiento en un 0.778 %, sobre Derrubios en un 0.322 %, en Zona de derrumbes en un 0.195 %, sobre Escarpes en 0.011 % y sobre Zonas susceptibles a flujos de lodo en un 0.001 %. En tanto, el resto de la RE no presenta incidencia sobre este vector.

Tabla III.42. Zonas inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de inestabilidad de laderas	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Derrubios	63,272,062	0.322
Escarpe	2,115,034	0.011
Suelos colapsables mayores a 11 grados	209,926,088	1.069
Zona de derrumbes	38,353,106	0.195
Zona susceptible a flujos de lodo	285,201	0.001
Zona susceptible a deslizamiento	152,757,655	0.778
Sin incidencia	19,175,479,958	97.624
Total	19,642,189,104	100.000

Para el caso del Área del Proyecto (AP), sólo se reportó la incidencia en un 0.04 % sobre Zona susceptible a deslizamiento.

Tabla III.43. Zonas inestabilidad de laderas dentro del AP. Elaboración propia.

Tipo de inestabilidad de laderas	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Zona susceptible a deslizamiento	4375	0.04
Sin incidencia	9,830,097	99.96
Total	**9,834,472**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA





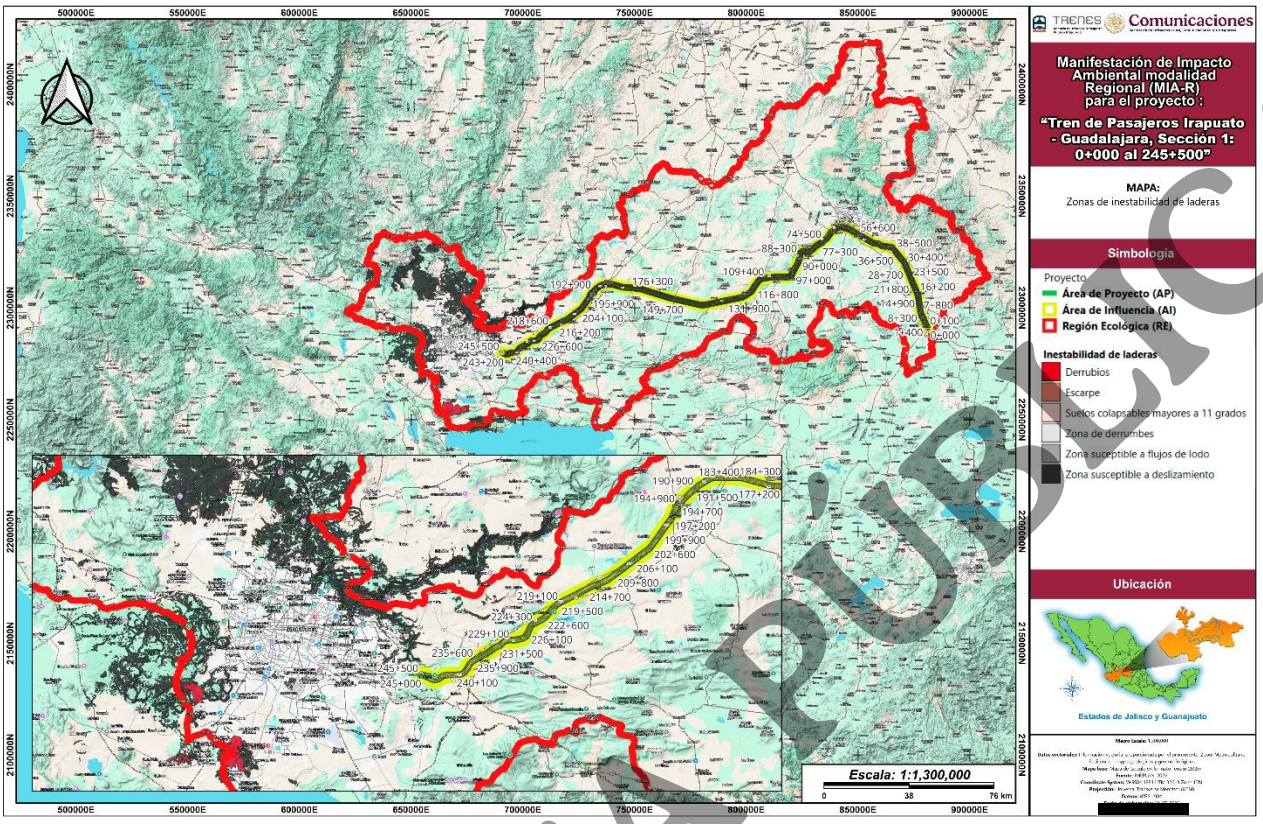


Figura III.33. Incidencia con zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de inestabilidad de laderas conforme a este instrumento:

Derrubios: estos ocurren cuando los materiales sueltos como la tierra, piedras y restos de roca fragmentada (derrubios) pierden su equilibrio en una pendiente y se deslizan o fluyen hacia abajo. Este proceso geológico es desencadenado principalmente por la saturación de agua debido a lluvias intensas, sismos o cortes mal planeados en el terreno.

Escarpe: se refiere a un escalón o corte vertical en el terreno. En la inestabilidad de laderas, funciona como una señal clara de que el suelo ya se movió y el cerro o talud puede venirse abajo.

Suelos susceptibles mayores a 11 grados: la inestabilidad de laderas en pendientes mayores a 11 grados con suelos susceptibles ocurre cuando el terreno pierde su fuerza por exceso de agua o peso. Las institucionalidades de protección

Zona de derrumbes: es un área geológica inestable donde masas de roca, suelo o vegetación se desplazan pendiente abajo por efecto de la gravedad. Suelen señalizarse en carreteras con un rombo amarillo y piedras cayendo para advertir a los conductores sobre el peligro de desprendimientos repentinos.

CONSULTA PÚBLICA





Zona susceptible a flujos de lodo: es un área con riesgo de sufrir deslaves rápidos de tierra, agua y piedras. Ocurren en laderas con pendiente pronunciada, suelos sin vegetación y tras lluvias intensas o actividad volcánica.

Zona susceptible a deslizamientos: es un terreno con características físicas naturales que hacen probable la caída o movimiento de tierra, roca y lodo por una pendiente. Estas áreas se identifican evaluando factores propios del terreno como la inclinación, el tipo de suelo y la geología local.

- **Incidencias lineales sobre sitios de inestabilidad de laderas**

Conforme a este sistema de información geográfica, se identificó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), se determinaron 9,047 incidencias longitudinales referentes a zonas de inestabilidad de laderas, siendo los Escarpes inducidos los más incidentes con 5,760 incidencias, seguidos de los Escarpes Naturales con 2,694, después sobre escarpes en 523, luego con 65 Zonas de derrumbes, y finalmente con 5 Derrubios. En tanto, dentro del AP no se registran incidencias con este tipo de zonas de inestabilidad de laderas.

Tabla III.44. Tipos de incidencia de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de incidencia longitudinal	Cantidad de incidencias
Derrubio	5
Escarpe	523
Escarpe inducido	5,760
Escarpe natural	2,694
Zona de derrumbes	65
Total	**9,047**

CONSULTA PÚBLICA



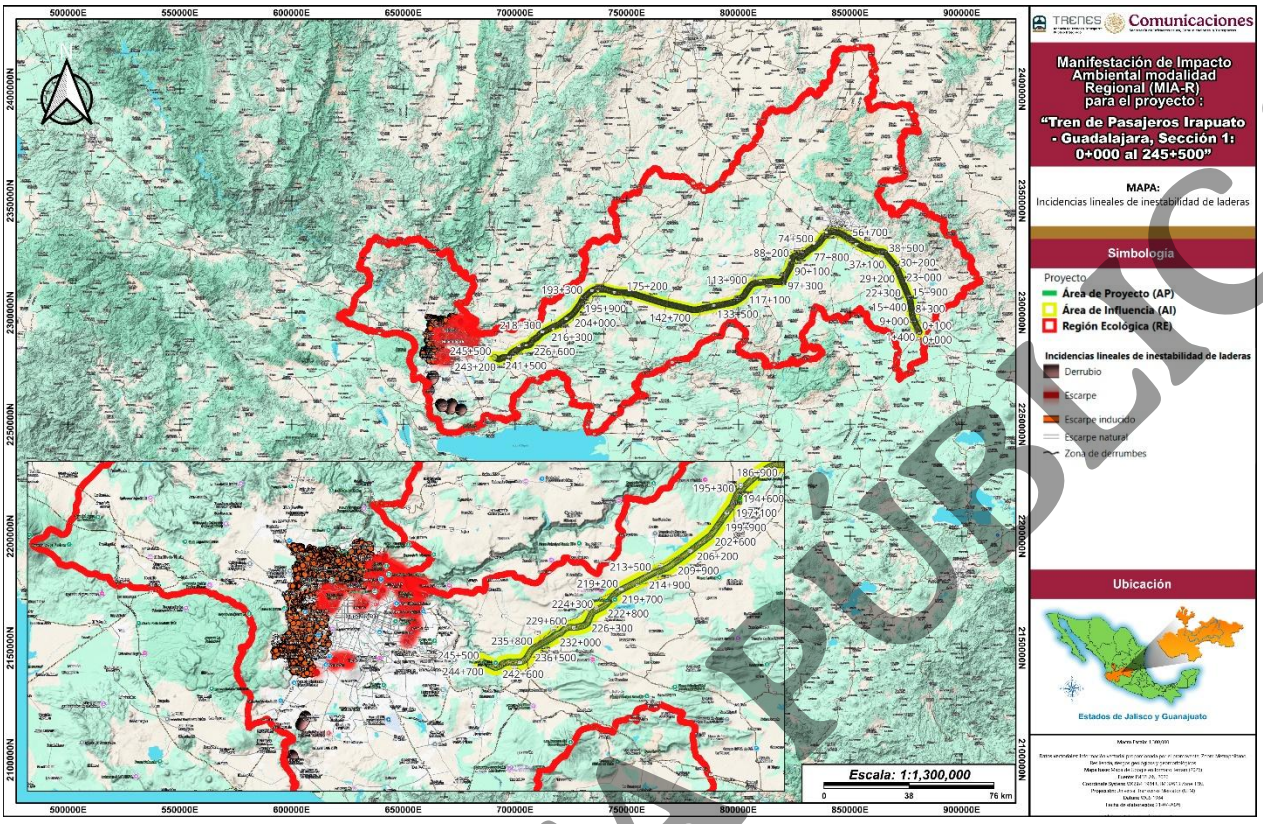


Figura III.34. Incidencias lineales de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

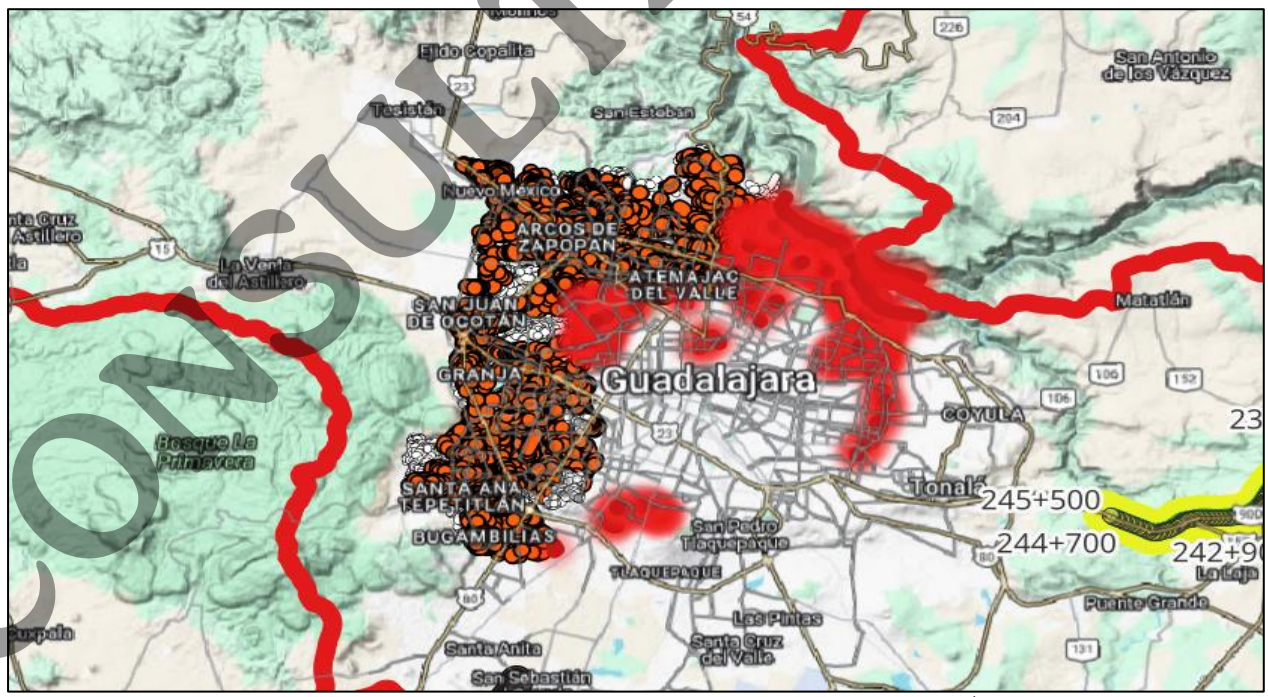


Figura III.35. Incidencias lineales de inestabilidades de laderas puntuales dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

- **Fallas**

Dentro de la Región Ecológica (RE) se determinó la incidencia de 109 fallas localizadas principalmente en la zona suroeste dentro de esta RE. En el caso del Área del Proyecto (AP), no se registraron incidencias con alguna falla.

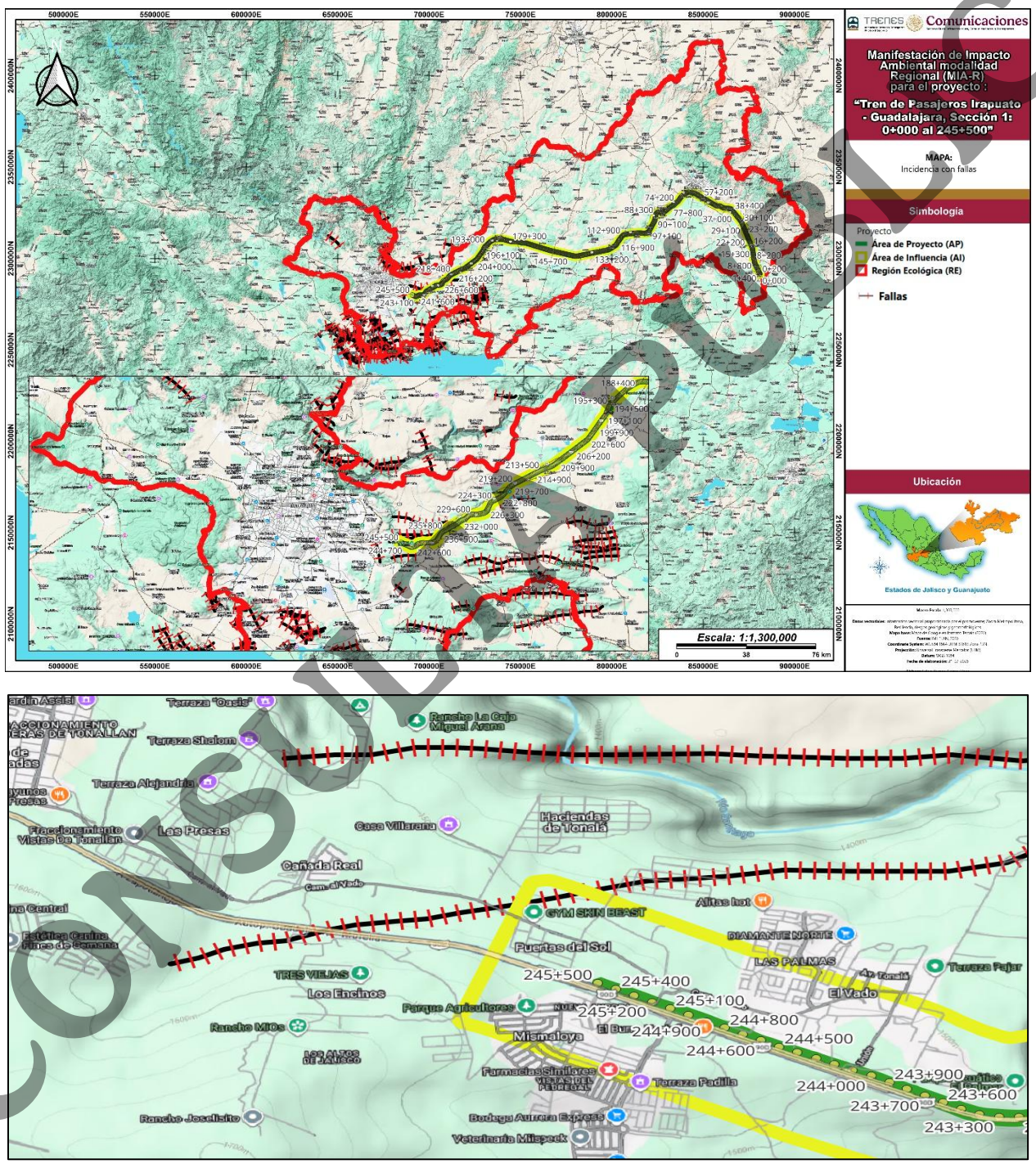


Figura III.36. Incidencias con fallas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

- **Presencia de sismos**

Dentro de la Región Ecológica (RE), a través de este Sistema de Información Geográfica, se tiene el registro de 68 sismos conforme a lo siguiente: 55 se han detectado como epicentros, 9 identificados como reporte de edificios afectados y 4 sismos-alertas activadas de emergencia. En tanto, dentro del Área del Proyecto (AP) no se cuenta con el registro de eventos sísmicos.

Tabla III.45. Tipos de incidencia de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de registro de sismo	Cantidad de incidencias
Epicentro	5
Reporte de edificios afectados	523
Sismos-alertas activadas	5,760
Total	**9,047**

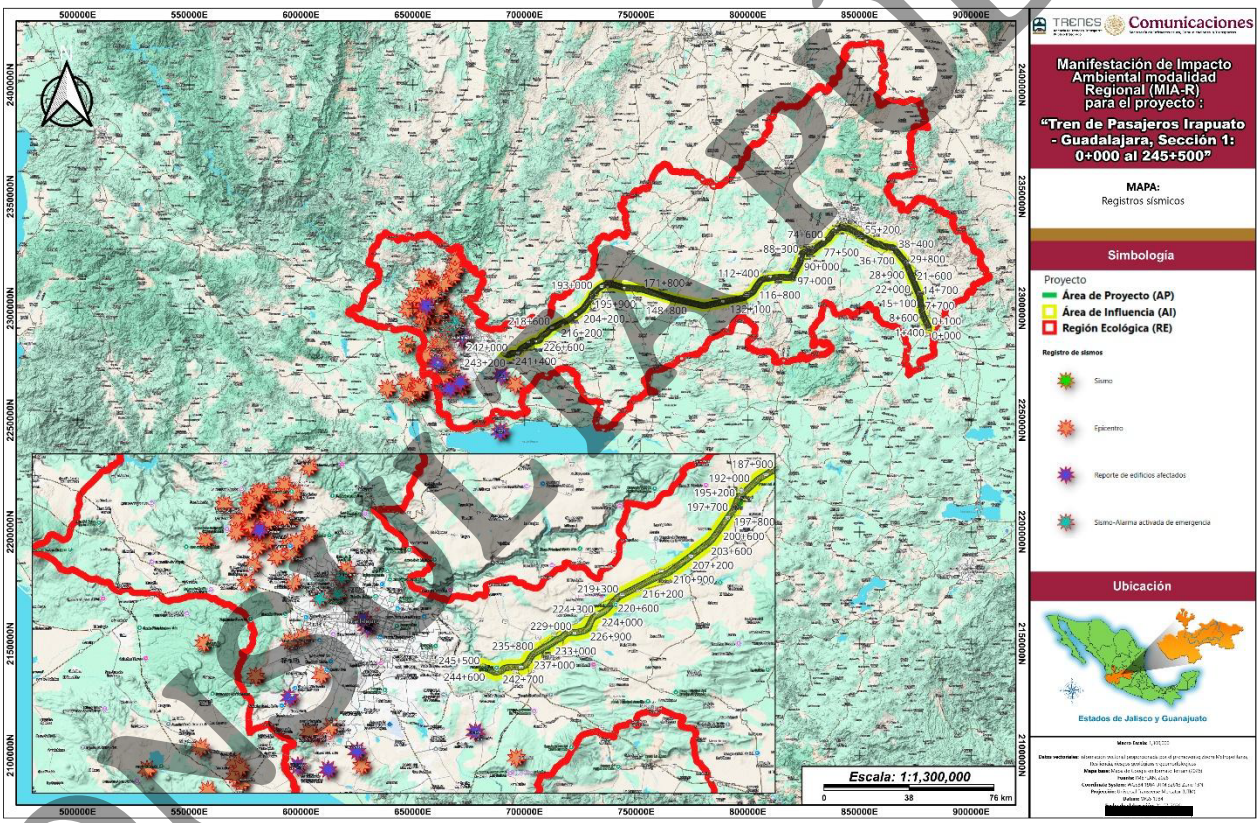


Figura III.37. Registro de sismos dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

- **Hundimientos**

Conforme a este sistema de información geográfica, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó la incidencia con 11 tipos de zonas de hundimientos conforme a lo siguiente: el 7.038 % incide sobre Zonas de suelos expansivos, seguido de un 2.418 % sobre Hundimientos regionales, en un 0.982 % sobre Suelos colapsables, y en el resto de los tipos de hundimientos las incidencias son menores al 0.5 %. En el AP no se presentaron incidencias con zonas de hundimiento.

Tabla III.46. Incidencias sobre los tipos de zonas de hundimientos dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipos de zonas de hundimientos	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Banco de material rellenado	6,229,583	0.032
Barranca rellenada	36,769,243	0.187
Cauce rellenado	1,110,855	0.006
Hundimientos regionales	475,002,887	2.418
Meseta con relleno de pobre calidad	33,230	0.000
Pantano	4,278,221	0.022
Suelos colapsables	192,842,151	0.982
Suelos expansivos	1,382,380,779	7.038
Zona Pantanosa	2,967,483	0.015
Zona susceptible a agrietamiento	71,168,786	0.362
Zona susceptible a hundimiento	68,155,634	0.347
Sin incidencia	17,401,250,253	88.591
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

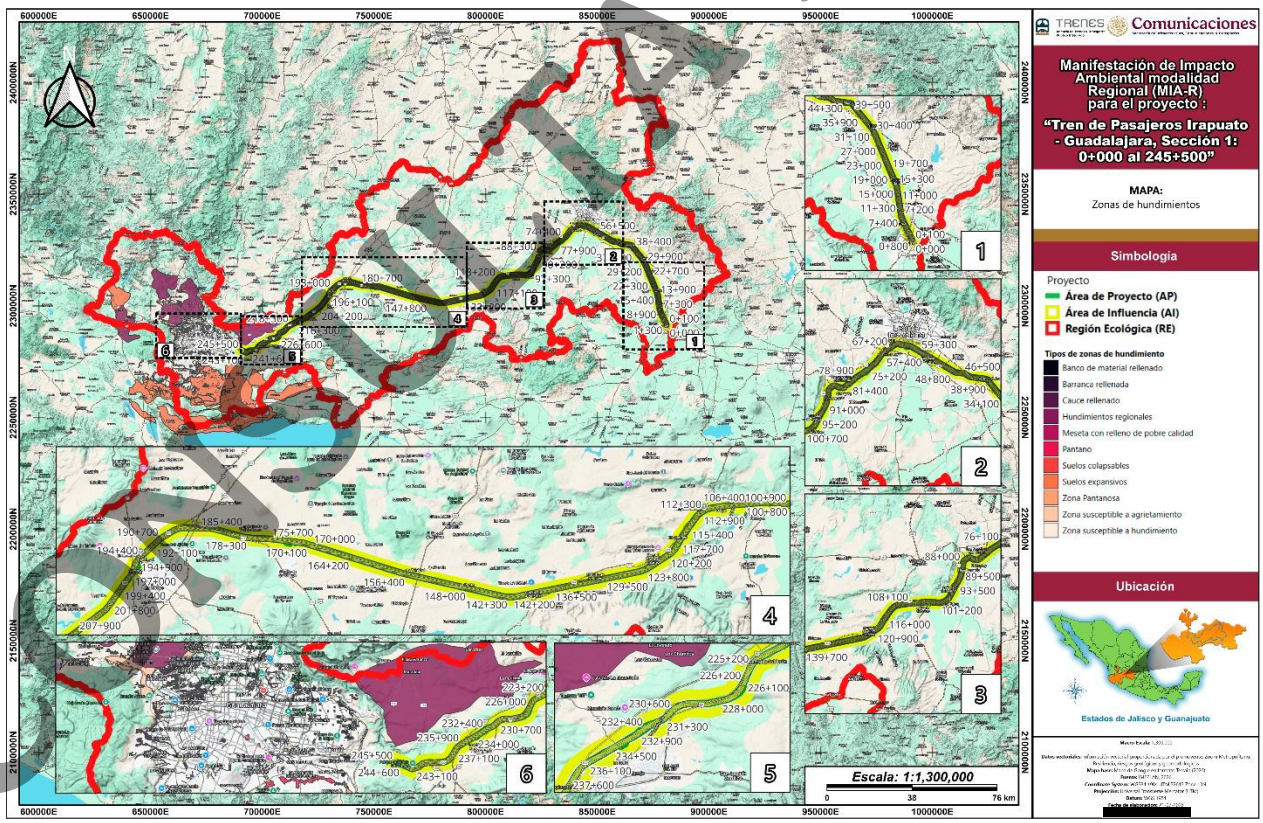


Figura III.38. Tipos de zonas de hundimientos dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

- **Grietas y fallas**

Conforme a este sistema de información geográfica, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE) inciden 311 de estas zonas de fragilidad de hundimiento de las cuales 243 se clasifican como fracturas y las 68 restantes como grietas. En el caso del Área del Proyecto (AP), no se presentan incidencias con grietas y fallas.

Tabla III.47. Tipos de incidencia de zonas de inestabilidad de laderas dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de incidencia	Cantidad de incidencias
Grieta	243
Fractura	68
Total	**311**

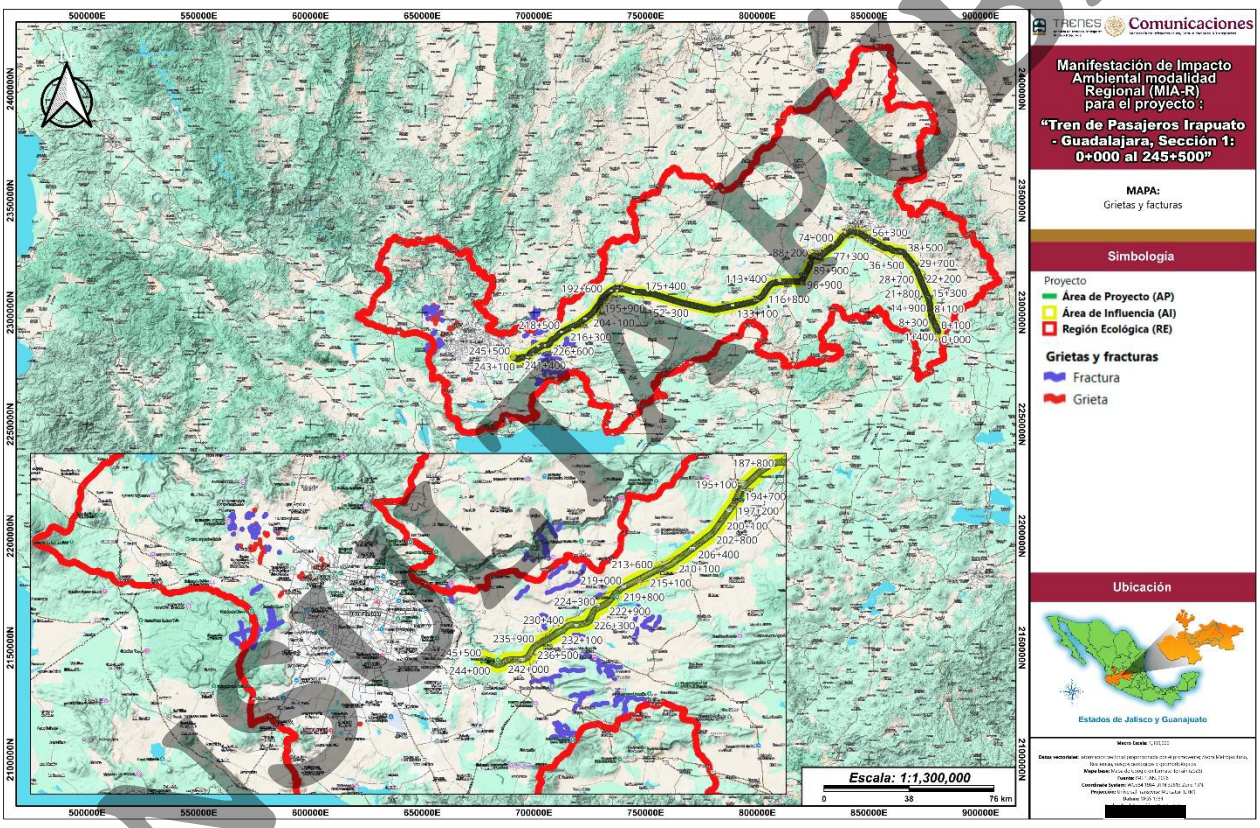


Figura III.39. Incidencia sobre fracturas y grietas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **Vulcanismo**

El vulcanismo es considerado como el conjunto de procesos geológicos en los que la roca fundida del interior de la Tierra, llamada magma, asciende a través de la corteza y sale a la superficie en forma de lava, gases y cenizas.

Conforme a este sistema de información geográfica, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE), se incide sobre 36 puntos de vulcanismo en donde 12 se conforman de Aparatos volcánicos, 8 son Conos volcánicos y 16 son Flujos de derrames volcánicos. En tanto, dentro del Área del Proyecto (AP) no se presenta incidencia con este tipo de sitios de vulcanismo.

Tabla III.48. Incidencia zonas de vulcanismo dentro de la RE. Elaboración propia.

Tipo de incidencia	Cantidad de incidencias
Aparato volcánico	12
Conos volcánicos	8
Flujos de derrames volcánicos	16
Total	**36**

A continuación, se presenta una breve descripción de estas estructuras volcánicas:

Aparato volcánico: un aparato volcánico (o edificio volcánico) es la estructura geológica superficial que se forma por la acumulación de materiales expulsados por un volcán (como lava, cenizas y rocas) alrededor de su conducto de salida. Con el tiempo, estas capas sólidas construyen la montaña o elevación característica del terreno.

Conos volcánicos: un cono volcánico es la estructura en forma de colina o montaña que se forma alrededor del cráter de un volcán. Crece por la acumulación de materiales como lava, cenizas y rocas que el volcán expulsa durante las erupciones.

Flujos de derrames volcánicos: se trata de un flujo de lava que sale de un volcán y baja por sus laderas. La lava está muy caliente, entre 700 °C y 1,200 °C, y destruye todo lo que encuentra en su camino al avanzar lentamente o con rapidez moderada según su tipo.

CONSULTA PÚBLICA



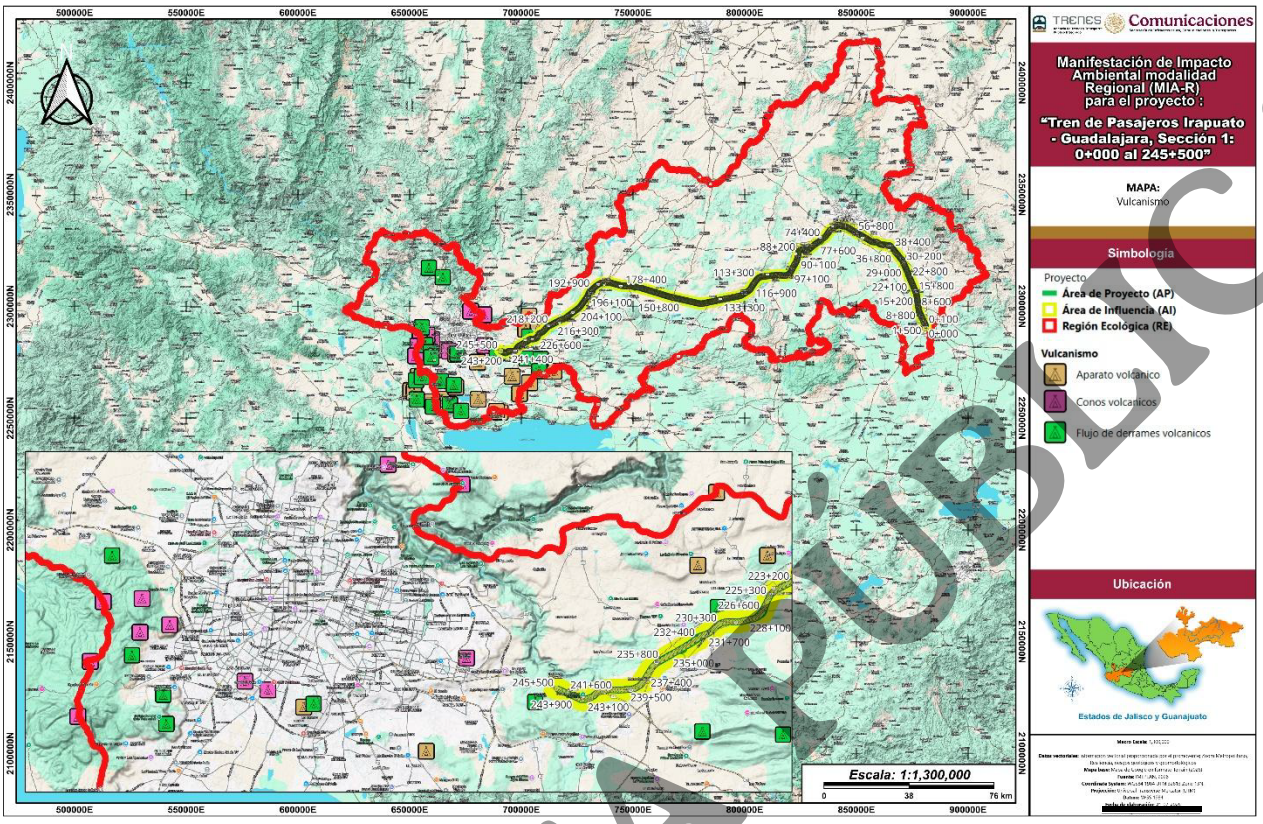


Figura III.40. Incidencia sobre sitios de vulcanismo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Para más información y revisión del documento, consultar el ***ANX.IV. Soporte de medio abiótico> Geología y Geomorfología.***

III.3.7. Riesgos y peligros geológicos de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara"

Fuente: Secretaría de la Defensa Nacional (DEFENSA) – Anexo VI.1. Informe Geológico.

A continuación, se presenta la caracterización de los riesgos y peligros geológicos dentro del Área del Proyecto (AP), los cuales fueron identificados a través del Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara".

- **Suelos colapsables y expansivos**

Los suelos colapsables son materiales no saturados que, al experimentar una repentina entrada de agua, sufren una pérdida de volumen significativa y rápida, provocando asentamientos diferenciales en estructuras construidas sobre ellos (Nelson & Miller, 1992). Generalmente, estos suelos presentan una estructura aparentemente estable en estado seco,

CONSULTA PÚBLICA



pero internamente débil, compuesta por partículas unidas por fuerzas capilares o pequeños puentes minerales, los cuales colapsan al aumentar la humedad.

El principal riesgo geológico asociado con estos suelos es el colapso súbito del terreno, lo cual puede afectar la estabilidad de viviendas, carreteras y obras civiles (Houston, et al., 2001). Por otro lado, los suelos expansivos tienen la capacidad de aumentar su volumen al absorber agua y contraerse al secarse, lo que genera movimientos de expansión y contracción que pueden dañar cimentaciones, pisos y muros (Nelson & Miller, 1992). Este comportamiento es típico de suelos arcillosos.

Para la identificación de zonas con posible riesgo por suelos expansivos, se utilizó información edafológica a escala 1:250 000 para el área del Tramo Irapuato - Guadalajara, descargada desde la página de INEGI (2021), que fue analizada con el riesgo por hundimientos o agrietamientos que se encuentra disponible en el portal de Atlas Nacional de Riesgos que integró CENAPRED.

Se procesó la información mediante un SIG para la zona de estudio, con la finalidad de identificar zonas con riesgo de hundimiento y presencia de suelos vertisoles, los cuales son los principales suelos expansivos.

En el mapa de suelos expansivos se destacan 2 zonas del Tramo Irapuato - Guadalajara:

Zona A

Inicia en la ciudad de Irapuato y se mantiene hasta el municipio de San Francisco del Rincón. Se caracteriza por la presencia de suelos vertisoles y agrietamientos sobre el derecho de vía. Los vertisoles son los principales suelos expansivos, lo que puede generar serios problemas para la infraestructura y la estabilidad del terreno, debido a que tienen una estructura masiva y alto contenido de arcilla, la cual es expansible cuando está húmeda, formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad, su color más común es el negro o gris oscuro. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza.

Esta propiedad genera movimientos significativos en el terreno, cuando no son removidos, causando hundimientos y agrietamientos, lo que representa un riesgo geotécnico para la infraestructura y el desarrollo urbano. Su comportamiento frente a cambios de humedad y carga los convierte en un factor de riesgo geológico al ser una zona de expansión y contracción del suelo causando daños estructurales.

Zona B

Abarca del municipio de Zapotlanejo hasta Zapopan, donde se observa poca o nula presencia de suelos vertisoles, pero se han reportado casos por hundimientos, lo cual puede atribuirse a subsuelo inestable por infraestructura hidráulica deteriorada, urbanización en zonas de riesgo y lluvias intensas que erosionan el terreno. Por lo que no implica un riesgo por suelos colapsables y expansivos.

CONSULTA PÚBLICA



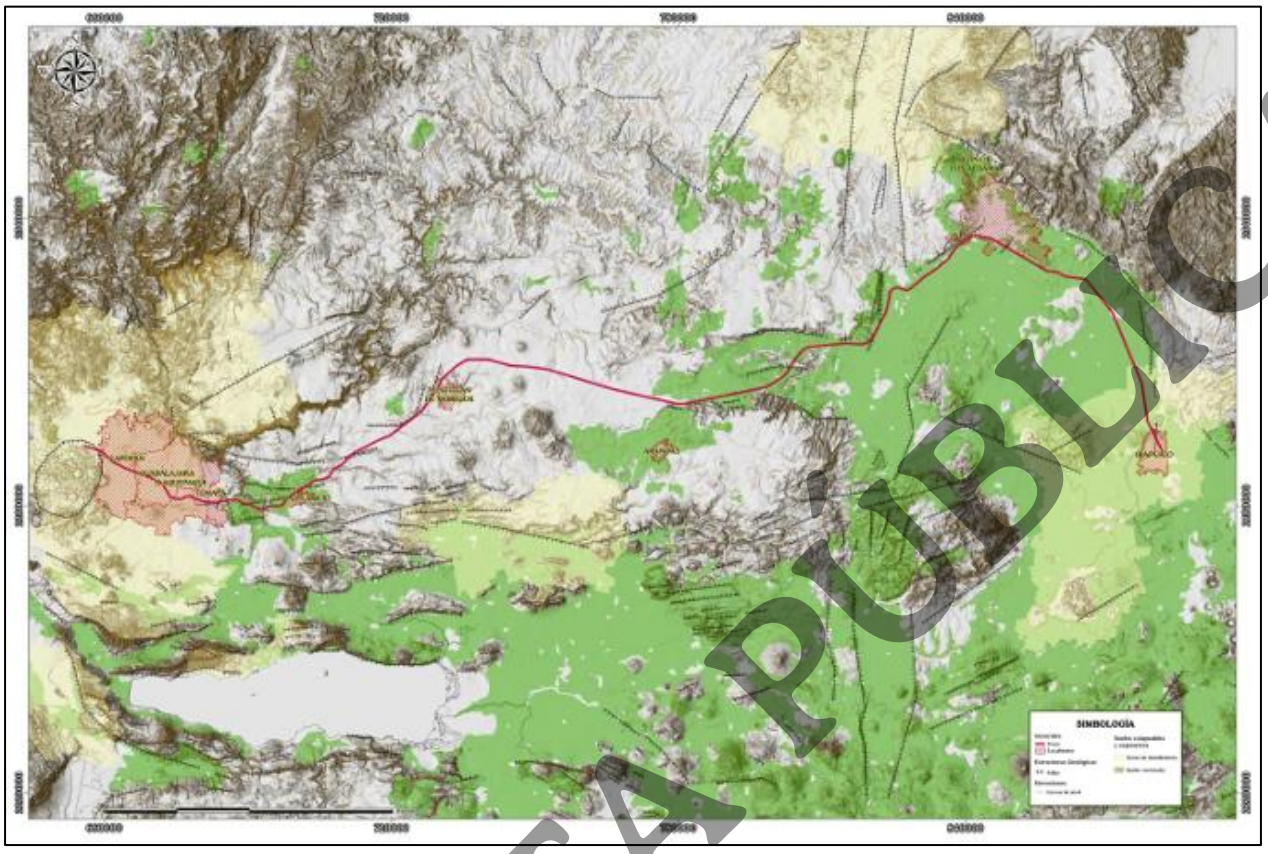


Figura III.41. Zonificación de suelos colapsables y expansivos . Elaboración propia.

- **Subsidencias**

La subsidencia consiste en el hundimiento progresivo de la superficie del terreno, el fenómeno se presenta principalmente en suelos de origen lacustre y en depósitos aluviales y fluviales, constituidos por partículas finas de suelo como arcillas, limos y arenas finas (CENAPRED, 2022). Son varias las causas que pueden provocar la deformación del terreno, entre éstas se tienen: la aplicación de cargas superficiales, la deformación natural, el hundimiento por extracción de agua y la contracción por desecación natural.

Sin embargo, el proceso que más influye en la deformación del subsuelo es la consolidación por extracción de agua y son predominantemente verticales, con hundimientos diferenciales que se manifiestan en agrietamiento del suelo. La velocidad de deformación por extracción de agua depende también de la permeabilidad de los materiales y de la forma y tamaño de sus partículas, por lo que no sucede de manera inmediata, sino que se desarrolla en el transcurso del tiempo, y pueden ser necesarios varios años o décadas para que este fenómeno sea visible y ocasione daños, que pueden llegar a ser irreparables, en obras de ingeniería, monumentos históricos e infraestructura.

Para el análisis de subsidencia en la región de Tramo Irapuato - Guadalajara se tomaron en cuenta los datos de INEGI. Sin embargo, los análisis sólo cubren las zonas con mayor

CONSULTA PÚBLICA



afectación, las zonas con indicios de daños menores presentan dificultad para su cuantificación mediante interferometría, por lo que, el análisis de subsidencia no se desarrolla a lo largo de la totalidad de la propuesta de Tramo Irapuato - Guadalajara. De manera estratégica, se presentan los resultados para subsidencia de las ciudades más importantes en la región del eje ferroviario: Irapuato, León y Guadalajara, a partir del promedio anual de hundimientos en milímetros por año. A continuación, se presentan los resultados de este análisis:

Tabla III.49. Tipos de subsidencias con incidencia en el AP. Elaboración propia.

COLOR	TIPO DE SUBSIDENCIA	HUNDIMIENTO ANUAL PROMEDIO
Verde	Baja subsidencia / Estabilidad relativa	0-30 mm/año
Amarillo	Media subsidencia / Deformación incipiente	30-40 mm/año
Naranja	Media subsidencia / Deformación incipiente	40-50 mm/año
Rojo	Alta subsidencia / Zonas activas de hundimiento	50-100 /año

Irapuato

El análisis de subsidencia anual promedio en el periodo comprendido de 2017-2019, permitió identificar que existe una región con alta susceptibilidad entre los municipios de Salamanca e Irapuato donde los valores de hundimiento incrementan notablemente de 50 a 100 mm/año. Esta zona de subsidencia se extiende de manera irregular y, se asocia a la sobreexplotación de los acuíferos por agricultura de riego y abastecimiento urbano en materiales poco consolidados de origen aluvial.

El comportamiento general del área muestra zonas relativamente estables en sectores periféricos (0-20 mm/año) con subsidencia baja, que suelen corresponder a áreas con menor explotación de acuíferos. El trazo atraviesa zonas amarillas (30-40 mm/año), que indican un proceso de hundimiento progresivo de suelos aluviales o lacustres, especialmente en la periferia sur de Irapuato, lo que implica que el trazo estaría sometido a asentamientos diferenciales. Así mismo, la intersección del trazo con zonas de color rojo oscuro (60-100 mm/año) corresponde a áreas de subsidencia muy alta, asociadas a una elevada probabilidad de asentamientos diferenciales significativos.

CONSULTA PÚBLICA



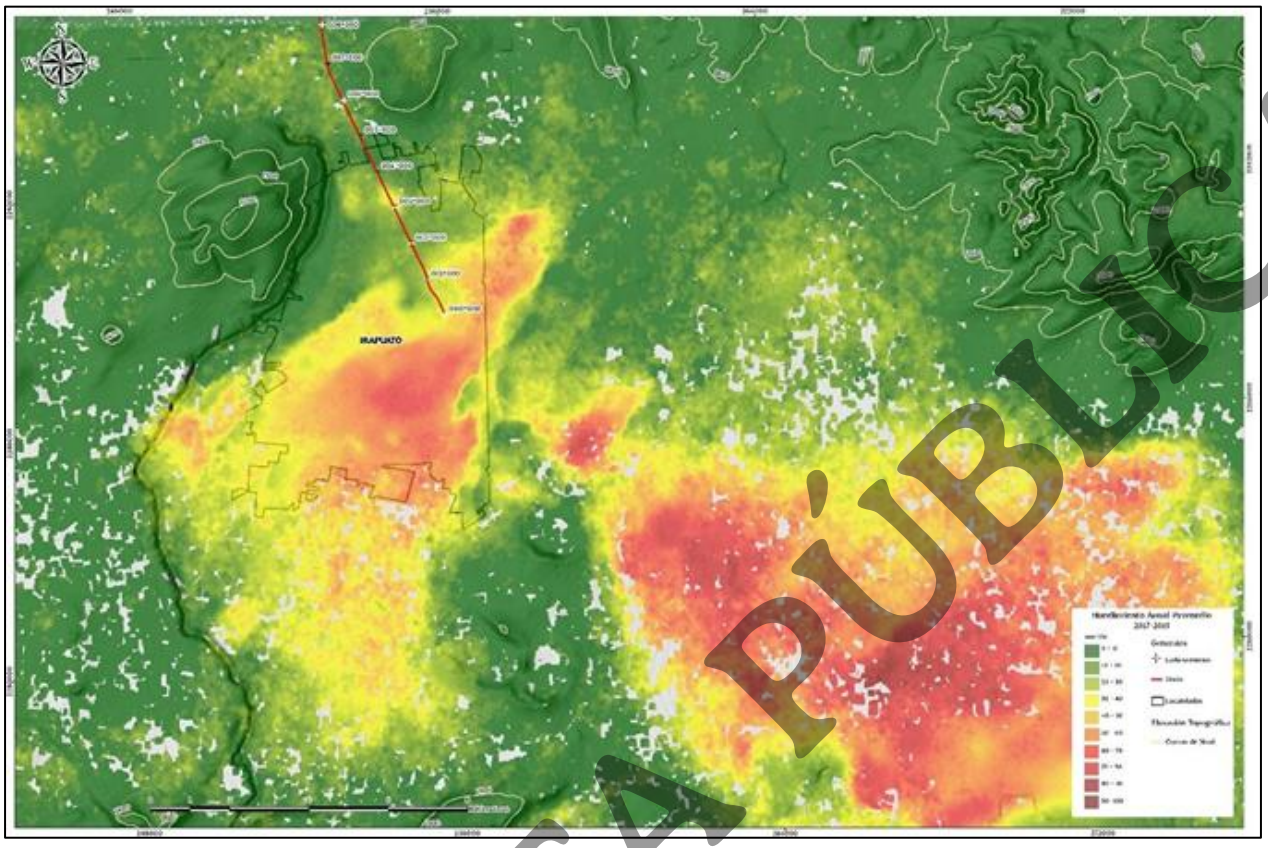


Figura III.42. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de Irapuato-Salamanca en el periodo 2017-2019. Elaboración propia.

Silao

El mapa presenta la distribución espacial del hundimiento anual promedio (subsidencia) para el periodo 2017–2019 en una porción del municipio de Silao, Guanajuato, expresado en milímetros por año (mm/año). La cartografía emplea una escala de colores en la que los tonos verdes representan zonas con menores tasas de subsidencia (0–20 mm/año), mientras que los tonos amarillos, naranjas y rojos indican un incremento progresivo en la magnitud del hundimiento, alcanzando valores de hasta 100 mm/año.

A lo largo de su recorrido se observa que el trazo atraviesa sectores con diferentes niveles de subsidencia. En la mayor parte del trayecto predominan valores entre 20 y 40 mm/año, correspondientes a una subsidencia moderada; sin embargo, aproximadamente entre las progresivas 023+000 y 025+000 se identifica una zona con mayor intensidad de hundimiento, donde los valores oscilan entre 40 y 60 mm/año, e incluso localmente pueden presentarse valores superiores.

Este comportamiento indica que el proyecto ferroviario intercepta una zona con variabilidad espacial en la deformación del terreno, lo que representa un aspecto relevante desde el punto de vista geológico y de diseño de infraestructura.

CONSULTA PÚBLICA

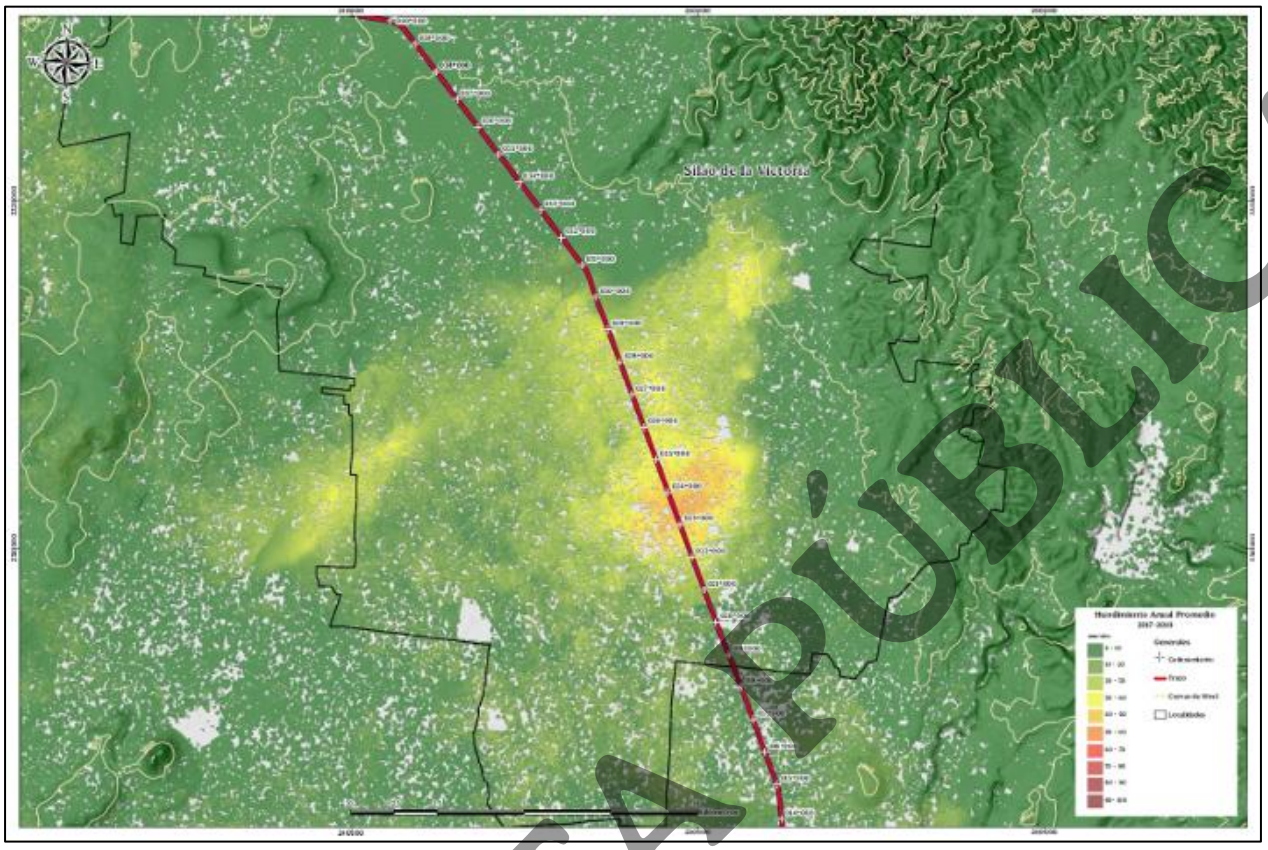


Figura III.43. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de Silao en el periodo 2017-2019. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

León de los Aldama

El análisis de subsidencia para la región de León de los Aldama en el periodo comprendido entre 2017-2019, indica que las zonas verdes (0-30 mm/año) corresponden a terrenos relativamente estables, localizados principalmente al norte de la ciudad. Estas áreas se asocian con la presencia de suelos más competentes o con una menor explotación del acuífero.

Así mismo, se identifican zonas amarillas (30-40 mm/año) que representan subsidencia moderada, extendida y continua. De igual forma, se reconocen zonas naranjas a rojas (40-100 mm/año) de subsidencia regional alta, lo que implica alta probabilidad de deformaciones diferenciales del terreno, los valores más altos se localizan justo en la salida SO de la ciudad de León, extendiéndose hacia la zona agrícola y alcanzando el SE de la comunidad de San Francisco del Rincón.

El Tramo Irapuato - Guadalajara intersecta directamente con áreas de hundimiento alto, por lo que se infiere que la extracción de agua asociada por actividades agrícolas, en materiales poco consolidados de origen aluvial, tienen un alto impacto directamente con el grado de subsidencia anual.

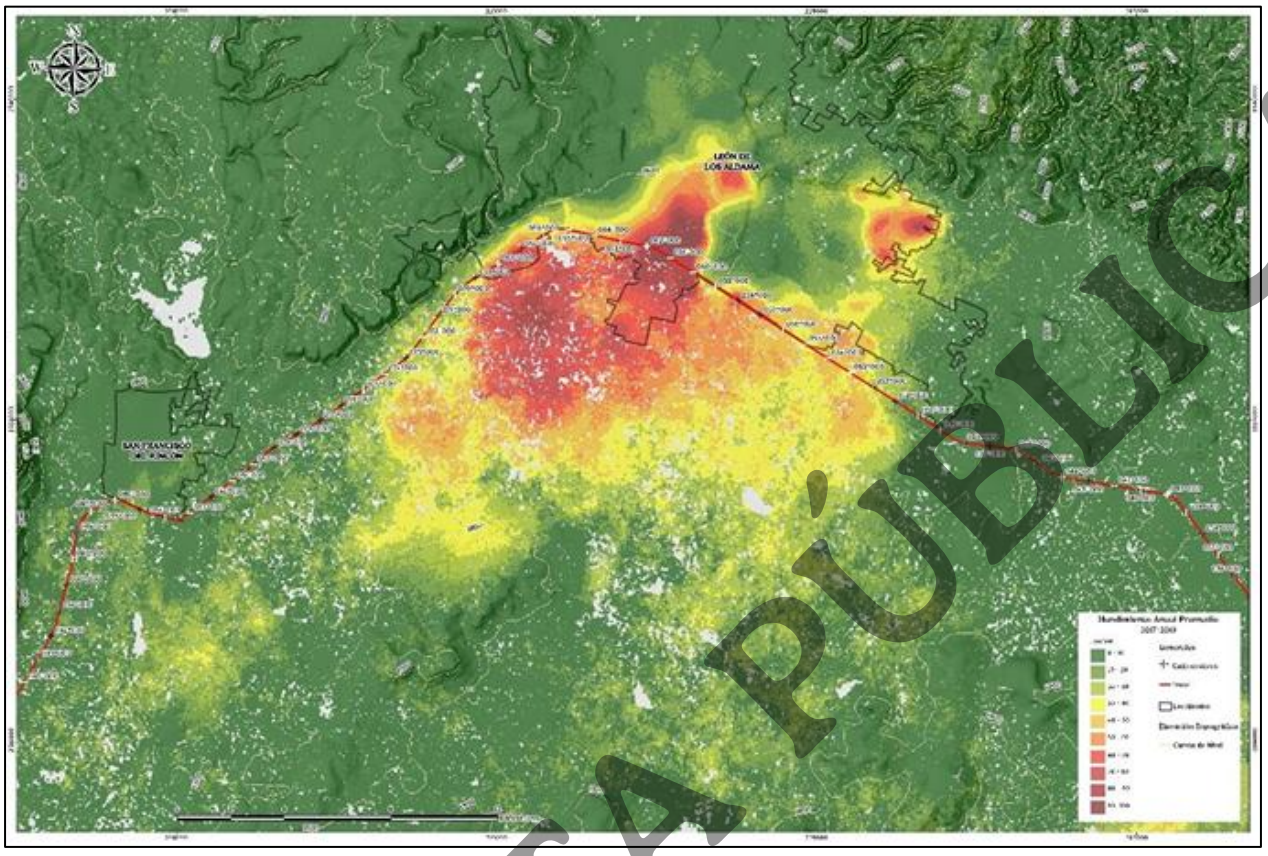


Figura III.44. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de León de los Aldamas en el periodo 2017-2019. Elaboración propia.

León de los Aldama

El análisis de subsidencia para la región de León de los Aldama en el periodo comprendido entre 2017-2019, indica que las zonas verdes (0-30 mm/año) corresponden a terrenos relativamente estables, localizados principalmente al norte de la ciudad. Estas áreas se asocian con la presencia de suelos más competentes o con una menor explotación del acuífero.

Así mismo, se identifican zonas amarillas (30-40 mm/año) que representan subsidencia moderada, extendida y continua. De igual forma, se reconocen zonas naranjas a rojas (40-100 mm/año) de subsidencia regional alta, lo que implica alta probabilidad de deformaciones diferenciales del terreno, los valores más altos se localizan justo en la salida SO de la ciudad de León, extendiéndose hacia la zona agrícola y alcanzando el SE de la comunidad de San Francisco del Rincón.

El Tramo Irapuato - Guadalajara intersecta directamente con áreas de hundimiento alto, por lo que se infiere que la extracción de agua asociada por actividades agrícolas, en materiales poco consolidados de origen aluvial, tienen un alto impacto directamente con el grado de subsidencia anual.

CONSULTA PÚBLICA

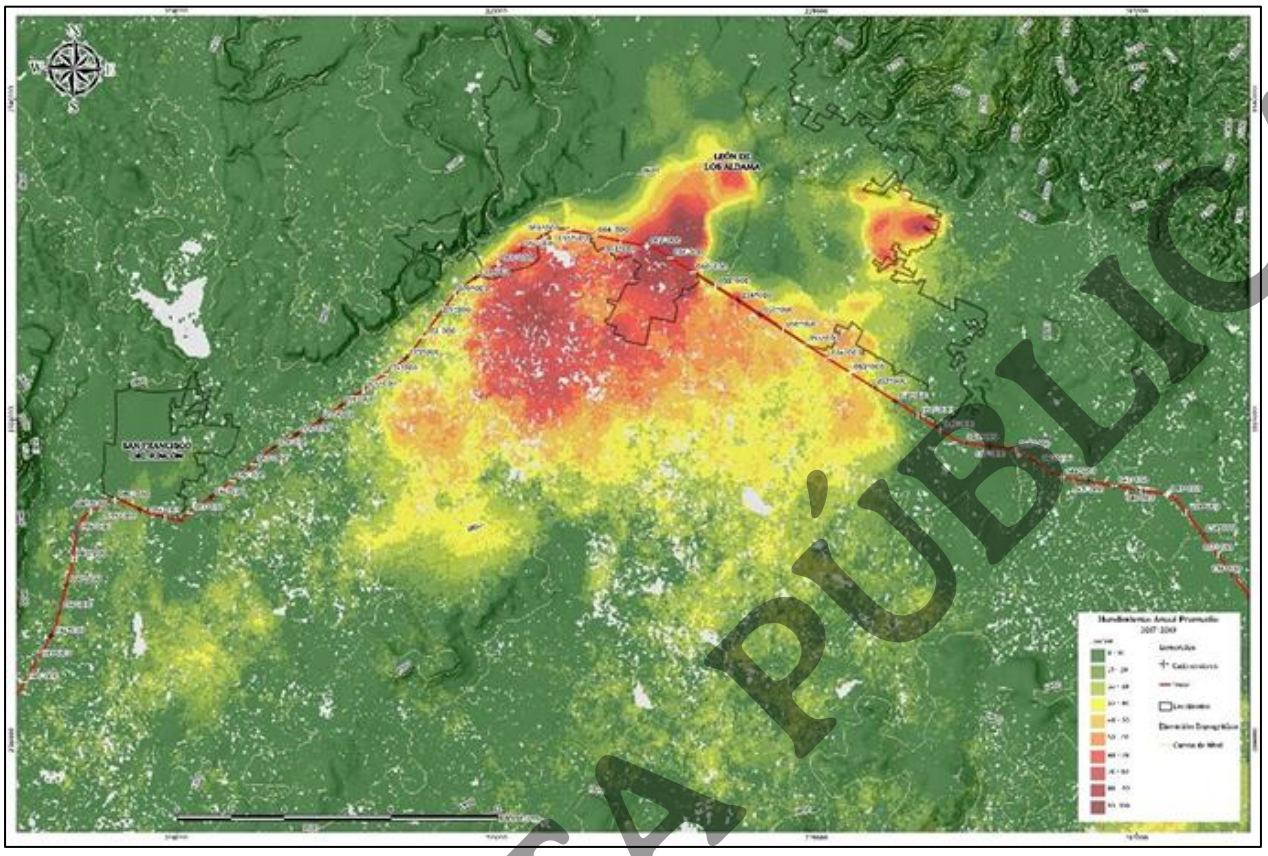


Figura III.45. Mapa de subsidencias en la Zona Metropolitana de León de los Aldamas en el periodo 2017-2019. Elaboración propia.

Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

El análisis de hundimientos para la ciudad de Guadalajara en el periodo comprendido de 2018-2021, junto con el Tramo Irapuato – Guadalajara, mayoritariamente sobre zonas clasificadas como estables y con baja probabilidad de subsidencia, permitió descartar un riesgo significativo por hundimientos en el interior de la ciudad, a pesar de que la mancha urbana se encuentra asentada una toba félsica parcialmente consolidada.

La mayor parte del área urbana presenta valores de hundimiento bajos (<20mm/año), lo que indica una estabilidad relativa del terreno. No obstante, se identifican dos zonas bien definidas de hundimientos altos (60-100 mm/año), que pueden asociarse al contacto litológico entre la Toba Tala y los depósitos aluviales, materiales que presentan diferencias en competencia y grado de consolidación. Estas zonas se localizan al sur del municipio de Zapopan y al oeste de Tlaquepaque.

En consecuencia, no se identifica subsidencia activa significativa que pueda representar un riesgo para la estabilidad del Tramo Irapuato – Guadalajara.

CONSULTA PÚBLICA

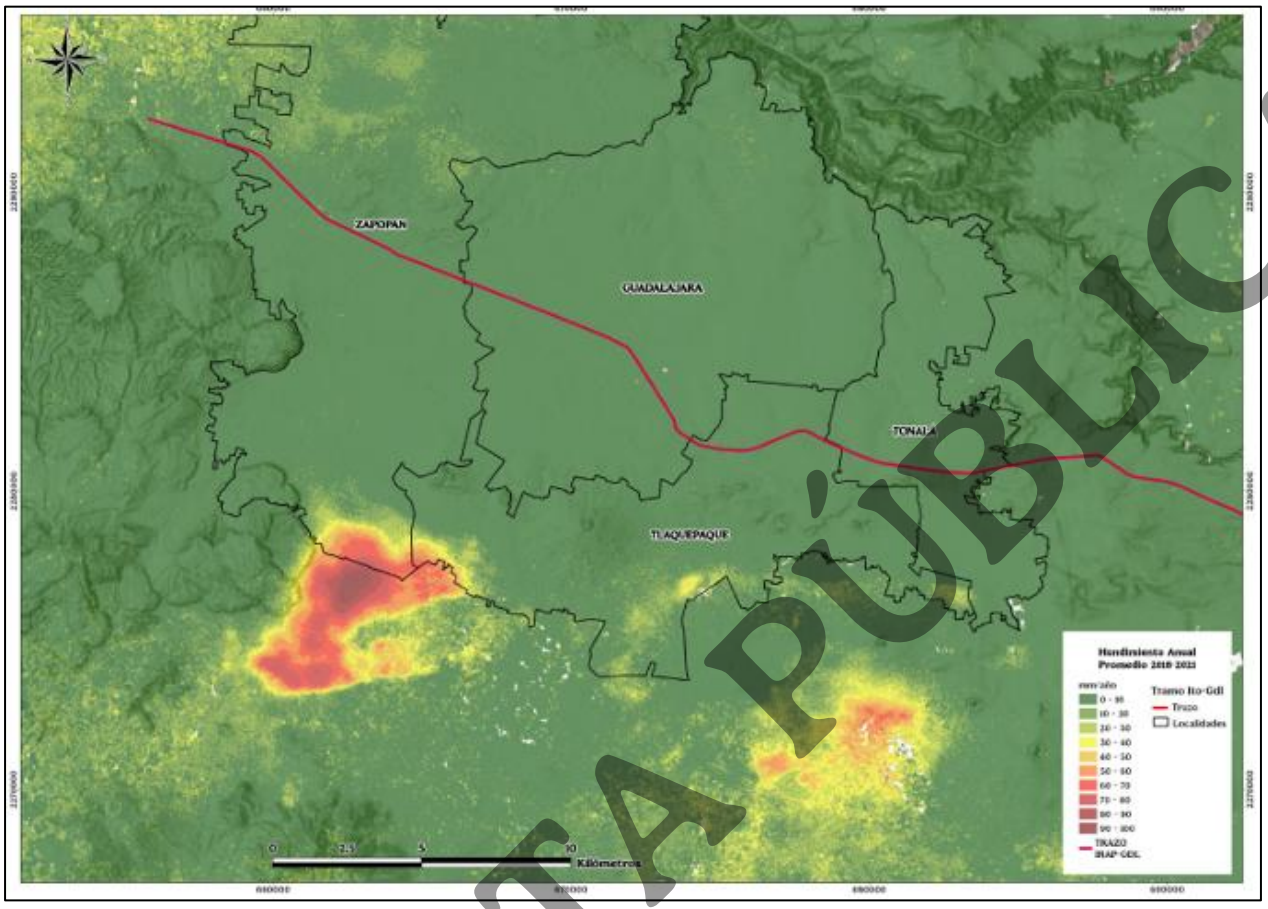


Figura III.46. Mapa de subsidencias en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) en el periodo 2017-2019. Elaboración propia.

Sin embargo, la ciudad de Guadalajara ha registrado problemáticas asociadas a colapsos por galerías subterráneas que a mitad del siglo XX sirvieron para abastecer de agua potable a la ciudad y a túneles que conectaban las iglesias de la época colonial. Estas infraestructuras fueron descubiertas durante los trabajos de construcción de la línea 3 del Tren ligero, la Ilustración 60 muestra el acceso a la ciudad de Guadalajara y la interacción entre el Tramo Irapuato - Guadalajara, línea 3 del Tren Ligero, los túneles y las galerías subterráneas. Los trazos de color azul corresponden a galerías subterráneas existentes que representan zonas de debilidad en el subsuelo, por la presencia de vacíos o secciones con distinta rigidez a la del terreno natural.

Adicionalmente, pueden presentar deterioro estructural asociado a su antigüedad, lo que incrementa el riesgo de asentamientos diferenciales y posibles colapsos, es recomendable realizar una caracterización detallada del subsuelo en las secciones del Tramo Irapuato - Guadalajara que serán interceptadas por la red de galerías con el fin de minimizar el número de cruces directos entre la vía férrea y la infraestructura mencionada o considerarlas durante la etapa de diseño y construcción.

CONSULTA PÚBLICA



- **Larguillo de zonificación de riesgos geológicos**

Para el análisis de los riesgos a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara y estar en posibilidad de diseñar una campaña de exploración geológica objetiva que permita descartar posibles zonas de afectación, se elaboró un larguillo, donde, por kilómetro, se indicó el nivel de cada uno de los riesgos geológicos.

El criterio utilizado para la elaboración del larguillo se basó en la predisposición de ocurrencia e intensidad a riegos, como: lineamientos geológicos, riesgo por inundación, riesgo por sismicidad, riesgo por suelos colapsables y expansivos, riesgo por deslizamiento de laderas y vulcanismo. Se asignaron valores de 0 al riesgo nulo, de 1 al riesgo bajo, valor de 2 al riesgo medio y 3 al riesgo alto, esto dependiendo del impacto que puede presentar dicho riesgo. A continuación, se presenta el larguillo de los riesgos geológicos.

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.50. Larguillo de riesgos geológicos identificados a lo largo del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

CADENAMIENTO	PK	000+000	001+000	002+000	003+000	004+000	005+000	006+000	007+000	008+000	009+000	010+000	011+000	012+000	013+000	014+000	015+000	016+000	017+000	018+000	019+000	020+000	021+000	022+000	023+000	024+000	025+000	026+000	027+000	028+000	029+000	030+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	031+000	032+000	033+000	034+000	035+000	036+000	037+000	038+000	039+000	040+000	041+000	042+000	043+000	044+000	045+000	046+000	047+000	048+000	049+000	050+000	051+000	052+000	053+000	054+000	055+000	056+000	057+000	058+000	059+000	060+000	061+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	INUNDACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	062+000	063+000	064+000	065+000	066+000	067+000	068+000	069+000	070+000	071+000	072+000	073+000	074+000	075+000	076+000	077+000	078+000	079+000	080+000	081+000	082+000	083+000	084+000	085+000	086+000	087+000	088+000	089+000	090+000	091+000	092+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	093+000	094+000	095+000	096+000	097+000	098+000	099+000	100+000	101+000	102+000	103+000	104+000	105+000	106+000	107+000	108+000	109+000	110+000	111+000	112+000	113+000	114+000	115+000	116+000	117+000	118+000	119+000	120+000	121+000	122+000	123+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	124+000	125+000	126+000	127+000	128+000	129+000	130+000	131+000	132+000	133+000	134+000	135+000	136+000	137+000	138+000	139+000	140+000	141+000	142+000	143+000	144+000	145+000	146+000	147+000	148+000	149+000	150+000	151+000	152+000	153+000	154+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	155+000	156+000	157+000	158+000	159+000	160+000	161+000	162+000	163+000	164+000	165+000	166+000	167+000	168+000	169+000	170+000	171+000	172+000	173+000	174+000	175+000	176+000	177+000	178+000	179+000	180+000	181+000	182+000	183+000	184+000	185+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	186+000	187+000	188+000	189+000	190+000	191+000	192+000	193+000	194+000	195+000	196+000	197+000	198+000	199+000	200+000	201+000	202+000	203+000	204+000	205+000	206+000	207+000	208+000	209+000	210+000	211+000	212+000	213+000	214+000	215+000	216+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	217+000	218+000	219+000	220+000	221+000	222+000	223+000	224+000	225+000	226+000	227+000	228+000	229+000	230+000	231+000	232+000	233+000	234+000	235+000	236+000	237+000	238+000	239+000	240+000	241+000	242+000	243+000	244+000	245+000	246+000	247+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	INUNDACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	248+000	249+000	250+000	251+000	252+000	253+000	254+000	255+000	256+000	257+000	258+000	259+000	260+000	261+000	262+000	263+000	264+000	265+000	266+000	267+000	268+000	269+000	270+000	271+000	272+000	273+000	274+000	275+000	276+000	277+000	278+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	2	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO	PK	279+000	280+000	281+000	282+000	283+000	284+000	284+932																								
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0																								
	INUNDACIÓN	3	3	3	3	3	3	3																								
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	2	2	2	2	2	2																								
	SISMICIDAD	1	1	1	1	1	1	1																								
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0																								
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0																								

Análisis	
SIMBOLOGÍA	
0	Riesgo nulo
1	Riesgo bajo
2	Riesgo medio
3	Riesgo alto

CONSULTA PÚBLICA



2026 año de Margarita Maza



- **Matriz de riesgos geológicos**

Con base en los resultados obtenidos del larguillo de riesgos, se realizó una matriz para definir el nivel de riesgo de cada PK del Tramo Irapuato - Guadalajara, a través de un ponderado que define el nivel de riesgo total que afecta a cada kilómetro del eje ferroviario. El ponderado se obtiene mediante la suma de los valores correspondientes a cada tipo de riesgo y, posteriormente, el resultado se clasifica dentro de una categoría de riesgo total. La escala de riesgo asignada a la zonificación del Tramo Irapuato - Guadalajara se establece a continuación: valores de 0 se considera riesgo nulo, de 1-3 se considera riesgo bajo, de 4-6 se considera como riesgo medio y valores de 7-9 corresponden a riesgo alto.

Tabla III.51. Matriz de riesgos geológicos identificados a lo largo del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

CADENAMIENTO (PK)	000+000	001+000	002+000	003+000	004+000	005+000	006+000	007+000	008+000	009+000	010+000	011+000	012+000	013+000	014+000	015+000	016+000	017+000
NIVEL DE RIESGO	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CADENAMIENTO (PK)	018+000	019+000	020+000	021+000	022+000	023+000	024+000	025+000	026+000	027+000	028+000	029+000	030+000	031+000	032+000	033+000	034+000	035+000
NIVEL DE RIESGO	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	2	3	3	3
CADENAMIENTO (PK)	036+000	037+000	038+000	039+000	040+000	041+000	042+000	043+000	044+000	045+000	046+000	047+000	048+000	049+000	050+000	051+000	052+000	053+000
NIVEL DE RIESGO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CADENAMIENTO (PK)	054+000	055+000	056+000	057+000	058+000	059+000	060+000	061+000	062+000	063+000	064+000	065+000	066+000	067+000	068+000	069+000	070+000	071+000
NIVEL DE RIESGO	3	3	3	3	6	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5
CADENAMIENTO (PK)	072+000	073+000	074+000	075+000	076+000	077+000	078+000	079+000	080+000	081+000	082+000	083+000	084+000	085+000	086+000	087+000	088+000	089+000
NIVEL DE RIESGO	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CADENAMIENTO (PK)	090+000	091+000	092+000	093+000	094+000	095+000	096+000	097+000	098+000	099+000	100+000	101+000	102+000	103+000	104+000	105+000	106+000	107+000
NIVEL DE RIESGO	4	4	4	4	4	6	7	6	6	4	3	4	4	4	4	4	3	4
CADENAMIENTO (PK)	108+000	109+000	110+000	111+000	112+000	113+000	114+000	115+000	116+000	117+000	118+000	119+000	120+000	121+000	122+000	123+000	124+000	125+000
NIVEL DE RIESGO	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	6	4	4	4	4	2	2	2
CADENAMIENTO (PK)	126+000	127+000	128+000	129+000	130+000	131+000	132+000	133+000	134+000	135+000	136+000	137+000	138+000	139+000	140+000	141+000	142+000	143+000
NIVEL DE RIESGO	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
CADENAMIENTO (PK)	144+000	145+000	146+000	147+000	148+000	149+000	150+000	151+000	152+000	153+000	154+000	155+000	156+000	157+000	158+000	159+000	160+000	161+000
NIVEL DE RIESGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO (PK)	162+000	163+000	164+000	165+000	166+000	167+000	168+000	169+000	170+000	171+000	172+000	173+000	174+000	175+000	176+000	177+000	178+000	179+000
NIVEL DE RIESGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CADENAMIENTO (PK)	180+000	181+000	182+000	183+000	184+000	185+000	186+000	187+000	188+000	189+000	190+000	191+000	192+000	193+000	194+000	195+000	196+000	197+000
NIVEL DE RIESGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
CADENAMIENTO (PK)	198+000	199+000	200+000	201+000	202+000	203+000	204+000	205+000	206+000	207+000	208+000	209+000	210+000	211+000	212+000	213+000	214+000	215+000
NIVEL DE RIESGO	1	2	2	3	3	4	2	2	4	4	2	1	2	2	2	2	2	2
CADENAMIENTO (PK)	216+000	217+000	218+000	219+000	220+000	221+000	222+000	223+000	224+000	225+000	226+000	227+000	228+000	229+000	230+000	231+000	232+000	233+000
NIVEL DE RIESGO	3	3	3	3	6	3	3	3	3	4	4	6	6	6	6	5	5	7
CADENAMIENTO (PK)	234+000	235+000	236+000	237+000	238+000	239+000	240+000	241+000	242+000	243+000	244+000	245+000	246+000	247+000	248+000	249+000	250+000	251+000
NIVEL DE RIESGO	5	5	7	8	8	6	6	6	4	5	5	6	9	6	6	6	5	6
CADENAMIENTO (PK)	252+000	253+000	254+000	255+000	256+000	257+000	258+000	259+000	260+000	261+000	262+000	263+000	264+000	265+000	266+000	267+000	268+000	269+000
NIVEL DE RIESGO	3	4	4	5	3	4	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
CADENAMIENTO (PK)	270+000	271+000	272+000	273+000	274+000	275+000	276+000	277+000	278+000	279+000	280+000	281+000	282+000	283+000	284+000	284+632		
NIVEL DE RIESGO	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		

RESULTADOS SIMBOLOGÍA	
0	Riesgo nulo
1-3	Riesgo bajo
4-6	Riesgo medio
7-9	Riesgo alto

CONSULTA PÚBLICA



La zonificación de riesgos permitió dividir el Tramo Irapuato - Guadalajara de acuerdo al nivel de riesgo existente, es la representación gráfica del ponderado que se desarrolló a partir de la matriz de riesgos del larguillo y una interpolación de datos mediante un buffer de 1 km a la redonda del Tramo Irapuato - Guadalajara, el cual permitirá la planificación eficaz de las actividades de exploración geológicas, así como, geofísicas y geotécnicas que son elementales en la toma de decisiones y el diseño de las estructuras de acuerdo a las condiciones del terreno.

Siguiendo este criterio se delimitaron zonas, donde se observa que el área de Irapuato a Silao tiene un riesgo medio, debido a la interacción de dos riesgos: Inundación y por suelos colapsables y expansivos; de Silao hasta Zapotlanejo el riesgo es bajo o nulo y de Zapotlanejo a Zapopan el riesgo es alto, teniendo la interacción de 3 riesgos: Inundación, suelos colapsables y expansivos y sismicidad.

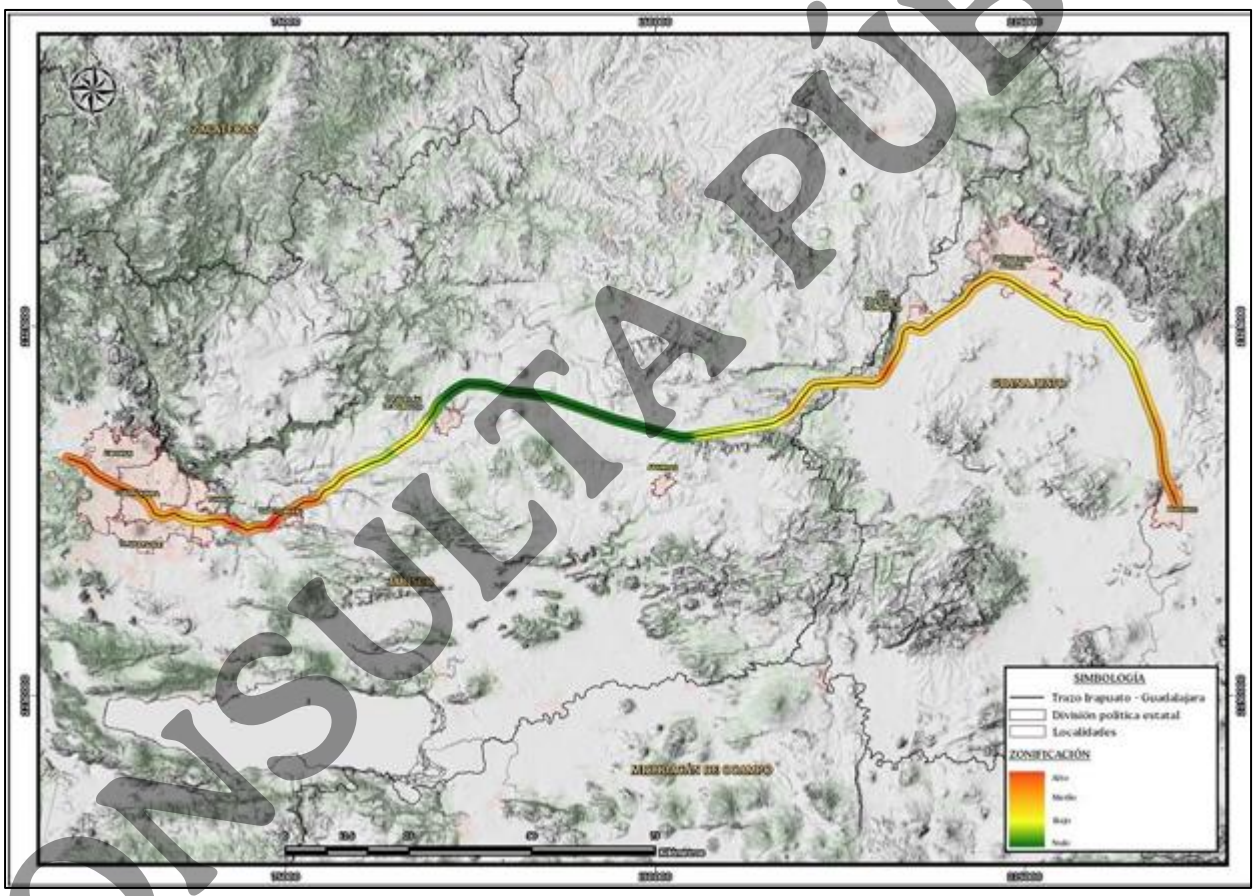


Figura III.47. Plano de zonificación por riesgo dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.8. Mapa geológico de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara"

Fuente: Secretaría de la Defensa Nacional (DEFENSA) – Anexo VI.1. Informe Geológico.

El trabajo de campo consistió en el levantamiento de 120 puntos de verificación (codificados de TIG-PV-001 a TIG-PV-120) y 78 estaciones geomecánicas identificadas como TIG-EG-001 a TIG-EG-078. Asimismo, en el recorrido de campo, se verificó la presencia de cuerpos de agua con escorrentía y cualquier cambio en el relieve previamente identificado a través de imágenes satelitales obtenidas de plataformas digitales.

El levantamiento de estaciones geomecánicas y puntos de verificación se llevó a cabo con el apoyo de tres brigadas de geología, cada una conformada por un jefe de campo y un auxiliar técnico. Las brigadas realizaron recorridos a lo largo del tramo Irapuato – Guadalajara, levantando puntos de verificación aproximadamente cada 2.5 km, los cuales son puntos de muestreo representativos para confirmar la presencia de formaciones geológicas, contactos litológicos o estructuras previamente identificadas; así como estaciones geomecánicas con una distancia de aproximadamente 5 km entre cada una ellas, dependiendo de la disponibilidad de afloramientos en el terreno. Adicionalmente, se ejecutaron levantamientos perpendiculares al eje de la vía, en ambos sentidos del Tramo Irapuato - Guadalajara, donde se establecieron puntos de verificación y estaciones geomecánicas a una distancia aproximada de 5 km respecto al eje ferroviario.

En cada punto de verificación y estación geomecánica se toman los siguientes datos con una muestra de mano de roca sana:

- Descripción del afloramiento
- Color
- Estructura y textura
- Mineralogía
- Matriz o cementante
- Origen
- Clasificación

En estaciones geomecánicas se obtienen datos como la Resistencia a la Compresión Simple (RCS), *Rock Quality Designation* (RQD), separación, estado de las discontinuidades y datos estructurales (Rumbo y Echado).

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.48. Levantamiento de un punto de verificación del Tramo Irapuato. Elaboración propia.

En el caso de las estaciones geomecánicas, la clasificación se basó principalmente en la presencia afloramientos rocosos que permitieran definir estructuras geológicas relevantes, considerando aspectos como la tectónica, el tipo de roca, el tamaño de grano, el color, entre otro parámetros litológicos y estructurales.

Para los puntos de verificación, el enfoque estuvo orientado a la clasificación general del tipo de material, determinando si se trataba de roca ígnea, metamórfica, o sedimentaria, o bien si correspondía a suelo, clasificándolo como arena, limo o arcilla. Adicionalmente, se evaluaron otras características del material, tales como el color, el tamaño de grano, la presencia de materia orgánica, el grado de humedad, el nivel de compactación, afectaciones geológicas a la vía y la presencia de cuerpos de agua estancada. Es importante referir que estos parámetros al igual que la litología se determinan mediante la descripción de características macroscópicas y microscópicas (lupa de geólogo). Esto con la finalidad de determinar si se cuenta en el sitio muestreado con basamento rocoso o bien con suelos, estos últimos se identifican por la característica de disgregación y nula presencia de minerales formadores de roca. A continuación, se ejemplifica la toma de datos estructurales y verificación de las unidades litológicas en una estación geomecánica.



Figura III.49. Toma de datos estructurales (rumbo y echado(de una estación geomecánica del Tramo Irapuato. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

En la siguiente figura se presenta uno de los afloramientos evaluados, en el cual se tomaron datos estructurales (rumbo y echado) de las familias de discontinuidades dominantes del macizo rocoso. Asimismo, se realizó un análisis geomecánico donde se registraron las características relevantes de dichas discontinuidades: separación, persistencia, rugosidad, tipo de relleno, grado de alteración y presencia de agua.

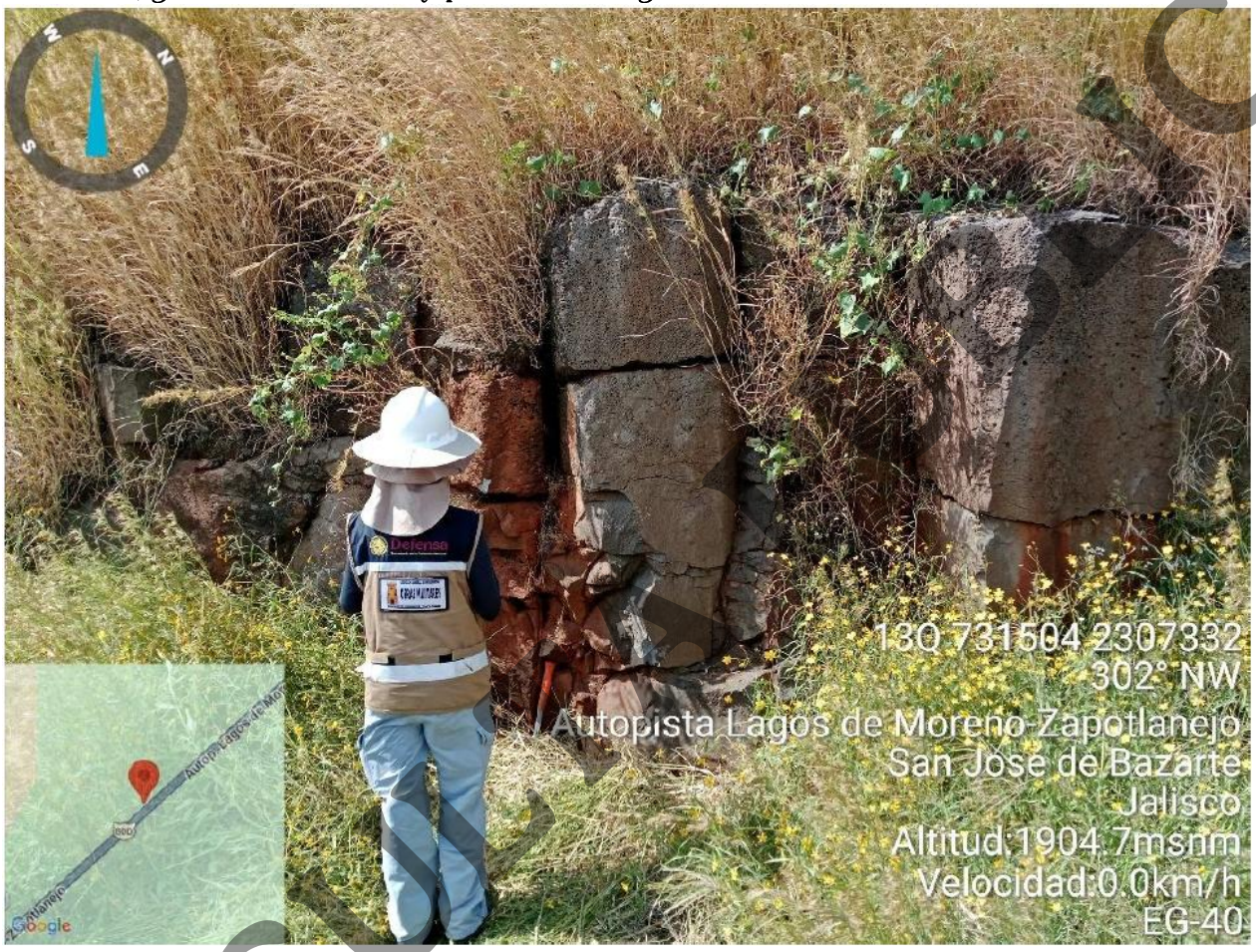


Figura III.50. Toma de datos estructurales (rumbo y echado(de una estación geomecánica del Tramo Irapuato. Elaboración propia.

Para cada estación geomecánica identificada en el tramo Irapuato – Guadalajara, se emplearon dos sistemas de clasificación geomecánica que evalúan la calidad de los macizos rocosos, pero con enfoques diferentes: el sistema de clasificación geomecánico RMR (Rock Mass Rating) y GSI (Geological Strength Index), los cuales se describen a continuación.

CONSULTA



- **Sistema de clasificación geomecánico (RMR)**

Esta es una clasificación geomecánica de un macizo rocoso independiente de un factor de corrección in situ. Fue propuesto en el año de 1973 a partir de la estimación de ocho parámetros iniciales y modificada en los años posteriores 1976, 1979, 1984 y 1989. En esta última, los valores se mantienen, pero la evaluación de las discontinuidades subhorizontales fue modificada. La versión propuesta por su autor considera la resistencia de la matriz rocosa, el índice RQD, condición de las discontinuidades y parámetros hidrogeológicos, (Bieniawski, 1989) mediante la Ecuación:

$$MR = P(RCS) + P(RQD) + P(s) + P(JC) + P(WC) + P(OJ)$$

Donde:

- P (RCS) Resistencia de la roca.
- P (RQD) Rock Quality Designation.
- P (S) Separación de discontinuidades.
- P (JC) Condición de discontinuidades.
- P (WC) Condiciones hidrológicas.
- P (OJ) Ajuste por orientación de las juntas.

En conjunto el efecto de los parámetros geomecánicos sobre el comportamiento del macizo rocoso se expresa mediante el índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), que varía de 0 a 100 y expresa la calidad de la roca para su uso en obras de ingeniería civil (Bieniawski, 1989). Con base en la suma obtenida con la fórmula para obtener el RMR, se establece la clasificación siguiente

Tabla III.52. Clasificación de, macizo rocoso mediante el RMR. Elaboración propia.

CLASE	V	IV	III	II	I
RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
DESCRIPCIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy Buena
ESTADO	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable

Los parámetros para realizar esta evaluación se describen brevemente a continuación:

Resistencia a compresión simple.

Es la medida por el ensayo de compresión simple o de carga puntual, para el caso de levantamiento en campo se realizó en función del golpe del martillo geológico a la masa rocosa, de tal forma que la resistencia que opone a ser fracturada se determinó en función de la descripción de la ISRM (International Society for Rock Mechanics, 1981).

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.53. Clasificación de la resistencia a la compresión simple de los suelos y rocas a partir del índice de campo. Elaboración propia.

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	RANGO APROX. DE COMPRESIÓN SIMPLE (KG/cm^2)
S_1	Arcilla muy blanda.	El puño penetra fácilmente varios cm.	<0.25
S_2	Arcilla débil.	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0.25 a 0.50
S_3	Arcilla firme.	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0.50 a 1.00
S_4	Arcilla rígida.	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	1.00 a 2.50
S_5	Arcilla muy rígida.	Con cierta presión puede marcarse la uña.	2.50 a 5.00
S_6	Arcilla dura.	Se marca con dificultad al presionar la uña.	>5.00
R_o	Roca extremadamente blanda.	Se puede marcar con la uña.	2.5 a 10
R_1	Roca muy blanda.	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	10 a 50
R_2	Roca blanda.	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	50 a 250
R_3	Roca moderadamente dura.	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	250 a 500
R_4	Roca dura.	Se requiere más de un golpe fuerte con el martillo para fracturarse.	500 a 1000
R_5	Roca muy dura.	Se requieren muchos golpes fuertes del martillo para poder fracturarse.	1000 a 2500
R_6	Roca extremadamente dura.	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	>2500

De acuerdo con el rango determinado en campo para la resistencia a la compresión simple se obtiene el valor en puntos RMR con los valores postulados por (Bieniawski, 1989).

Tabla III.54. Valor en puntos RMR de acuerdo con el rango de la resistencia a la compresión simple. Elaboración propia.

Valor Kg/cm^2	>2500	2500-1000	1000-500	500-250	250-50	50-10	<10
Puntos RMR	15	12	7	4	2	1	0

CONSULTA PÚBLICA



RQD: Rock Quality Designation (Índice de calidad de la roca)

El índice RQD (Rock Quality Designation) es un parámetro utilizado para evaluar el grado de fracturamiento de un macizo rocoso y, por consiguiente, estimar su calidad estructural. Este índice permite clasificar la roca en función de la frecuencia y distribución de las discontinuidades presentes en el macizo.

La descripción de la fracturación del macizo rocoso puede llevarse a cabo a través del número de discontinuidades que afectan al macizo, del tamaño de los bloques, de la densidad de discontinuidades o del espaciado medio entre discontinuidades.

El RQD es un parámetro cuya obtención se definió originalmente a partir de testigos de sondeos como el porcentaje de fragmentos recuperados mayores de 10 cm sobre la longitud de la maniobra. Sin embargo, existen otras metodologías alternativas para estimar su valor directamente en afloramientos sin necesidad de realizar sondeos.

Se han definido índices que permiten determinar la frecuencia de las discontinuidades de los macizos rocosos. El procedimiento más útil es el que registra el número de discontinuidades o la longitud de las trazas de las mismas presentes en los afloramientos. Para determinar el valor de la frecuencia lineal, es decir, el número de juntas por unidad de longitud de macizo, se deberá trazar una línea imaginaria de registro (scanline) en el afloramiento del macizo rocoso. Esta línea será generalmente recta; se contabilizará el número total de juntas existentes y se dividirá entre la longitud total de la línea de registro (Jordá Bordehore, et al., 2016).

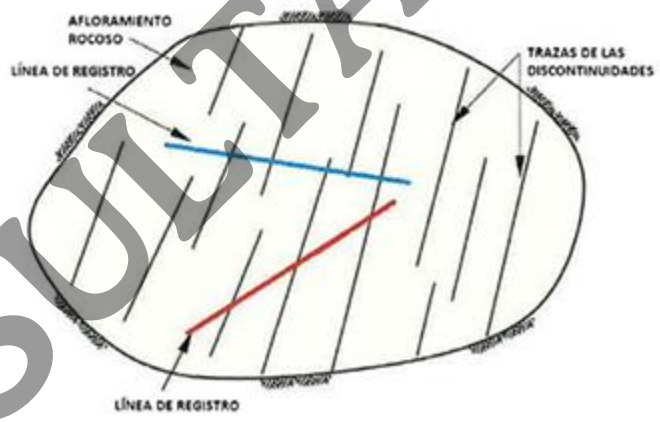


Figura III.51. Líneas de registro de afloramiento rocoso; la línea roja proporcionará un valor promedio y la azul un valor máximo. Tomado de Jordá Bordehore *et al.*, 2016).

Asimismo, el cálculo del RQD puede realizarse en función del número de fisuras por metro lineal, determinadas durante el levantamiento litológico-estructural en el área o zona predeterminada de la excavación, mediante la siguiente ecuación (Priest & Hudson, 1976):

$$RQD = 100e^{(-0.1)(\lambda)}((0.1 * \lambda) + 1)$$

CONSULTA PÚBLICA



Dónde:

$$\lambda = \frac{Numero\ de\ fisuras}{longitud\ de\ linea}$$

También es posible calcular el RQD en función del número de fisuras por metro cúbico (Jv = Joint Volumetric number), determinadas durante el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área o zona excavada, utilizando la siguiente ecuación postulada por (Palmström, 1974):

$$RQD = 115-(3.3)\ Jv$$

Dónde: Jv = número de fisuras por metro cúbico

El Jv se calcula sumando el número de fisuras por metro que corten de manera independiente a cada uno de los 3 ejes de un cubo imaginario en el cuerpo rocoso. No se debe contar una fisura en más de un eje, por ejemplo, si una fisura corta al eje "x" y al eje "y", la contaremos bien en el eje "x" o en el eje "y" pero no en ambos.

Para tener una mayor precisión, mediremos una longitud adecuada en cada eje y luego hallaremos el número de fisuras en un solo metro, haciendo una regla de tres simple. Una vez obtenido el valor del parámetro RQD por cualquiera de los tres procedimientos se compara el rango con la siguiente tabla.

Tabla III.55. Valor en puntos RMR de acuerdo con el RQD. Elaboración propia.

RQD	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
Puntos RMR	20	17	13	6	3

Separación de discontinuidades

El valor se determina midiendo la distancia en metros entre discontinuidades de la misma familia, de acuerdo con el valor obtenido se utiliza la siguiente tabla para determinar los puntos RMR.

Tabla III.56. Valor en puntos RMR para el parámetro de separación de las discontinuidades. Elaboración propia.

SEPARACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.	>2	0.6 – 2.0	0.2 – 0.6	0.06 – 0.2	<0.06
Puntos RMR	20	15	10	8	5

Estado de las discontinuidades

• Longitud de las discontinuidades: Mide la longitud de las discontinuidades en el macizo rocoso.

• Abertura: referida a la separación entre las paredes de las fracturas que se pueden medir.
• Rugosidad: Mide la aspereza de las paredes de las fracturas o discontinuidades en el macizo rocoso, influye en la resistencia al corte de la discontinuidad.

CONSULTA PÚBLICA



• Relleno: se divide en dos, si la discontinuidad presenta relleno blando o duro, o bien está cerrada, de ser relleno el que se observe, se deberá especificar qué tipo de relleno es, describiendo si es arcilla, limos, arenas, minerales o roca triturada.

Este parámetro permite puntuar el estado de las discontinuidades a través de su persistencia o longitud, abertura, rugosidad, presencia de relleno y alteración. Los valores para el estado de las discontinuidades se presentan en la

Tabla III.57. Valor en puntos RMR para el estado de discontinuidades según las observaciones de campo. Elaboración propia.

PERSISTENCIA (M)	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20	>20
PUNTOS RMR	6	4	2	1	0
APERTURA (MM)	0	<0.10	0.1 a 1.0	1 a 5	>5
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Espejo
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
RELLENO	Sin relleno	Relleno duro		Relleno blando	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
PUNTOS RMR	6	4	2	2	0
ALTERACIÓN.	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterado	Descompuesto
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
PRESENCIA DE AGUA.	Seco	Algo Húmedo	Húmedo	Goteo	Fluyendo
PUNTOS RMR	15	10	7	4	0

Alteración

La alteración de las paredes de las discontinuidades se refiere al grado de alteración de éstas con respecto a la matriz de la roca.

Presencia de agua

Mide las filtraciones de agua en el macizo, el flujo de agua y la humedad presente en las discontinuidades, la tabla anterior muestra los valores que se utilizaron para la presencia de agua. Toma de datos estructurales La toma de datos estructurales se realiza utilizando el criterio rumbo de echado/echado (RE/R). El rumbo se determina midiendo con la brújula la dirección de una línea horizontal sobre la superficie de la estructura geológica. El echado se obtiene midiendo, con el clinómetro de la brújula, la inclinación de la superficie tomada perpendicularmente a la dirección del rumbo. En la siguiente figura, se observa la identificación del macizo rocoso para su posterior evaluación.

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.52. Trabajos de ejecución en macizo rocoso para determinar datos estructurales como rumbo y echado en la estación geomecánica TIG-EG-028. Elaboración propia.

- **Sistema de clasificación geomecánico (GSI)**

El índice de resistencia geológica (GSI) o método de clasificación GSI es un sistema diseñado para caracterizar las propiedades geomecánicas de los macizos rocosos mediante la fácil identificación y evaluación visual de sus propiedades geológicas en campo (Marinos, et al., 2005). El método GSI fue desarrollado para estimar las propiedades intactas de la roca, especialmente en aquellos casos donde la calidad es baja, con un RMR menor a 20. Para esta caracterización, se emplea la carta mostrada en la Ilustración 12 tomada del "Geological Strength Index (GSI) de Hoek, Kaiser & Bawden (1995).

Las observaciones se basan en la apreciación del macizo a nivel estructural y de las condiciones presentes en su superficie (discontinuidades). El criterio considera el nivel de alteración y meteorización de las rocas, su historia geológica y condiciones de formación, el estado de fracturación presente y la disposición de las juntas o discontinuidades. El índice GSI tiene valores que oscilan entre 1 y 100, donde los valores más bajos corresponden a macizos de baja calidad, visiblemente meteorizados y muy fracturados, con juntas que presentan rellenos de arcilla blanda. Por el contrario, un macizo rocoso poco fracturado, con superficies limpias de arcilla, tendrá una mayor puntuación y calidad. La determinación del GSI se realiza

CONSULTA PÚBLICA

mediante una tabla que se ingresa desde dos puntos de vista distintos: horizontal y vertical. El primero se refiere a la estructura y composición de las rocas, evaluando el tamaño y la trabazón de los bloques entre sí, mientras que, el segundo se refiere a las características de las discontinuidades. Al combinar ambos puntos de vista, se converge en un punto medio diagonal que proporciona el valor del índice. A continuación, en en la siguiente figura se presenta la gráfica de caracterización del macizo rocoso, adaptada de Marinos, Marinos & Hoek (2005).



Figura III.53. Evaluación del GDI describe las características del macizo rocoso en función del fracturamiento ya sea muy severo o roca masiva. Tomado de Marinos *et al.* 2005.

CONSULTA PÚBLICA



A continuación, se presentan los **RESULTADOS para cada uno de los análisis previamente expuestos:**

Tabla III.58. Descripción de las estaciones geomecánicas para el Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	RMR	GSI	CLASE	ESTADO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE ESFUERZO GEOLÓGICO
TIG-EG-001	Basalto	75	70	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-002	Toba Riolítica	36	31	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-003	Andesita	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-004	Toba Riolítica	37	32	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-005	Conglomerado	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-006	Andesita	49	44	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-007	Toba Riolítica	58	53	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-008	Toba Riolítica	46	41	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-009	Toba Riolítica	60	55	III	Parcialmente estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-010	Toba Riolítica	51	46	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-011	Basalto	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-012	Toba Riolítica	42	37	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-013	Toba Riolítica	45	40	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-014	Toba Riolítica	43	48	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-015	Toba Riolítica	38	33	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-016	Toba Riolítica	51	46	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-017	Toba Riolítica	48	43	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-018	Andesita	65	60	II	Fracturada	Buena	Estable
TIG-EG-019	Toba Riolítica	57	52	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-020	Toba Riolítica	47	42	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-021	Toba Riolítica	49	44	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-023	Toba Riolítica	31	26	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-024	Dacita	46	41	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-025	Andesita	61	56	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-026	Riolita	53	48	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-027	Andesita	76	71	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-028	Toba Riolítica	55	50	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-029	Toba Riolítica	39	34	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-030	Riolita	51	46	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-031	Riolita	76	71	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-032	Riolita	60	65	III	Parcialmente Estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-033	Toba Riolítica	67	62	III	Parcialmente Estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-034	Toba Riolítica	50	45	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-035	Ignimbrita	70	65	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-036	Toba Riolítica	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-037	Toba Riolítica	54	49	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-038	Toba Riolítica	56	51	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-039	Ignimbrita	76	71	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-040	Toba Riolítica	55	50	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-041	Andesita	42	37	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-042	Basalto	48	43	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-043	Basalto	65	60	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-044	Basalto	92	87	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-045	Andesita	66	61	III	Parcialmente Estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-046	Basalto	60	55	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-047	Basalto	89	84	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-048	Basalto	65	60	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-049	Andesita	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-050	Andesita	77	72	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-051	Andesita	85	80	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-052	Andesita	59	54	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-053	Basalto	82	77	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-054	Andesita	61	56	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-055	Toba Riolítica	69	64	II	Estable	Buena	Fracturada

CONSULTA PÚBLICA





ID	NOMBRE DE LA ROCA	RMR	GSI	CLASE	ESTADO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE ESFUERZO GEOLÓGICO
TIG-EG-056	Toba Andesítica	46	41	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-057	Basalto	70	65	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-058	Riolita	67	62	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-059	Andesita	72	67	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-060	Basalto	72	67	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-061	Andesita	83	78	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-062	Basalto	87	82	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-063	Toba Andesítica	83	78	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-064	Basalto	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-065	Basalto	69	64	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-066	Basalto	69	64	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-067	Andesita	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-068	Basalto	65	60	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-069	Basalto	63	58	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-070	Andesita	59	54	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-071	Andesita	64	59	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-072	Andesita	42	37	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-073	Basalto	71	76	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-074	Basalto	86	81	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-075	Andesita	64	59	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-076	Toba Riolítica	48	43	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-077	Toba Riolítica	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-078	Toba Riolítica	47	42	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada

Tabla III.59. Descripción de los puntos de verificación para el Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-001	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-002	Toba Riolítica	Arena	Nula	Nula
TIG-PV-003	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-004	Aluvión	Arcilla - Limo	Media	Media
TIG-PV-005	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-006	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-007	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-008	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-009	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-010	Aluvión	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-011	Aluvión	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-012	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-013	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-014	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-015	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-016	Aluvión	Arena - Arcilla	Media	Media
TIG-PV-017	Aluvión	Arcilla - Arena	Baja	Media
TIG-PV-018	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-019	Aluvión	Arena - Limo	Media	Media
TIG-PV-020	Aluvión	Arena - Limo	Media	Media
TIG-PV-021	Aluvión	Arena - Limo	Baja	Media
TIG-PV-022	Aluvión	Arcilla	Media	Media

CONSULTA PÚBLICA





ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-023	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-024	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-025	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-026	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-027	Aluvión	Limo - Arenoso	Baja	Baja
TIG-PV-028	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-029	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-030	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-031	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-032	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-033	Aluvión	Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-034	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-035	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-036	Aluvión	Limo - Arenoso	Baja	Media
TIG-PV-037	Toba Riolítica	Arena	Baja	Media
TIG-PV-038	Toba Riolítica	Arena	Baja	Baja
TIG-PV-039	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-040	Aluvión	Limo - Arcillosa	Media	Media
TIG-PV-041	Basalto	-	-	-
TIG-PV-042	Andesita	-	-	-
TIG-PV-043	Andesita	-	-	-
TIG-PV-044	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-045	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-046	Andesita	-	-	-
TIG-PV-047	Aluvión	Arcilla - Limo	Media	Baja
TIG-PV-048	Andesita	-	-	-
TIG-PV-049	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-050	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-051	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-052	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-053	Toba Riolítica	Arena	Nula	Alta
TIG-PV-054	Riolita	-	-	-
TIG-PV-055	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-056	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-057	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-058	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-059	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-060	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media

CONSULTA PÚBLICA





ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-061	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-062	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-063	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-064	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-065	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-066	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-067	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-068	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-069	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-070	Aluvión	Arcilla - Arena	Media	Media
TIG-PV-071	Aluvión	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-072	Aluvión	Arena - Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-073	Aluvión	Arcilla - Limo	Alta	Media
TIG-PV-074	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-075	Aluvión	Limo - Arena	Baja	Baja
TIG-PV-076	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-077	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-078	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-079	Aluvión	Arcilla - Arena	Alta	Media
TIG-PV-080	Aluvión	Limo – Arcillosa	Media	Media
TIG-PV-081	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-082	Toba Riolítica	Arena	Nula	Alta
TIG-PV-083	Residual	Arcilla	Baja	Alta
TIG-PV-084	Aluvión	Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-085	Basalto	-	-	-
TIG-PV-086	Basalto	-	-	-
TIG-PV-087	Residual	Limo	Baja	Media
TIG-PV-088	Residual	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-089	Aluvión	Limo - Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-090	Residual	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-091	Residual	Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-092	Residual	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-093	Residual	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-094	Residual	Arcilla	Alta	Baja
TIG-PV-095	Residual	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-096	Residual	Limo - Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-097	Residual	Arcilla	Alta	Baja
TIG-PV-098	Basalto	-	-	-

CONSULTA PÚBLICA





ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-099	Andesita	-	-	-
TIG-PV-100	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-101	Toba Riolítica	Arena	Baja	Baja
TIG-PV-102	Ignimbrita	Arcilla	Nula	Alta
TIG-PV-103	Aluvión	Limo - Arena	Baja	Media
TIG-PV-104	Toba Andesítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-105	Basalto	-	-	-
TIG-PV-106	Residual	Limo	Baja	Baja
TIG-PV-107	Residual	Limo	Media	Baja
TIG-PV-108	Aluvión	Limo - Arena	Media	Baja
TIG-PV-109	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-110	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-111	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-112	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-113	Aluvión	Arcilla - Limo	Media	Media
TIG-PV-114	Aluvión	Arcilla - Arena	Media	Media
TIG-PV-115	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-116	Aluvión	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-117	Aluvión	Arena - Limo	Baja	Baja
TIG-PV-118	Residual	Arena - Limo	Baja	Baja
TIG-PV-119	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-120	Toba Riolítica	Arcilla – Arena	Nula	Media

CONSULTA PÚBLICA





III.3.9. Zonificación geológica de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara"

Fuente: Secretaría de la Defensa Nacional (DEFENSA) – Anexo VI.1. Informe Geológico.

La zonificación es la subdivisión del Tramo Irapuato - Guadalajara bajo un criterio establecido, generándose una sectorización en función de los parámetros considerados, por lo tanto, define zonas relativamente homogéneas, con características geológicas, geomorfológicas y geomecánicas similares, donde se podrá identificar condiciones fundamentales para prevenir algún problema.

Las zonas y su distribución espacial se establecieron a partir de la litología, geoformas dominantes, presencia de estructuras geológicas (fallas), calidad del macizo rocoso, origen, afectación por riesgos; es decir, información recopilada y mapas geológicos, hidrológicos, de topoformas y de riesgos (deslizamientos, inundación, lineamientos geológicos, suelos colapsables y expansivos y sismicidad), fotointerpretación y datos adquiridos durante los levantamientos de campo sobre macizos rocosos. Además de, considerar las posibles problemáticas que podrían ocurrir y su mitigación.

Se analizaron los elementos que desde un punto de vista de ingeniería podrán tener influencia en la estabilidad del terreno, en la generación de amenazas y en el comportamiento de futuras obras civiles. La finalidad es identificar los materiales del suelo y el subsuelo para que, en etapas posteriores, se seleccionen y en caso de que lo requieran, se traten en las cimentaciones y construcciones de obras civiles.

- **Metodología**

Una vez adquiridos los datos de macizos rocosos en campo, se visualiza la información en Sistemas de Información Geográfica lo que permite identificar las tendencias de las rocas en cuanto a parámetros como calidad de roca, estabilidad e índices de esfuerzos. Sin embargo, para una mejor visualización se procedió a generar un análisis geoestadístico con los datos puntuales de calidad de roca en estaciones geomecánicas, se corrió un proceso de interpolación conocido como IDW (Distancia Inversa Ponderada) donde, para predecir un valor en ubicaciones sin medición, se asignan los valores medidos que rodean a las ubicaciones de predicción. Durante la interpolación, se limitó el área de influencia con un buffer de 1 Km con respecto al eje del trazo con el propósito de obtener un mapa que muestre las variaciones de los parámetros geomecánicos de las rocas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara.

Sin embargo, para delimitar las zonas geológicas con mayor certeza, el plano de salida que muestra las tendencias del índice de esfuerzos en las roca a lo largo del trazo, se cotejó con: las litologías dominantes y su origen; las morfologías dominantes en función de las rocas aflorantes; la influencia de fallas geológicas activas perpendiculares y paralelas al eje del Tramo Irapuato - Guadalajara, se verificaron los puntos de intersección y/o la distancia a la que se encuentra del proyecto; el riesgo por inundación analizado en función de zonas inundables, número de microcuencas y tipo de drenaje; el riesgo por suelos colapsables y expansivos asociado a suelos arcillosos y al riesgo por subsidencia; también se tomaron en cuenta los riesgos por deslizamientos de laderas y sismicidad. Una vez definidas las zonas

CONSULTA PÚBLICA



geológicas se realizó un análisis estadístico a los datos de estaciones geomecánicas de cada zona para definir la calidad y estabilidad del macizo rocoso, se calculó el RMR ponderado de las estaciones geomecánicas considerando la distancia entre puntos.

$$\overline{RMR}_{EG\,P} = \frac{RMR_{EG1} * D_1 + RMR_{EG2} * D_2 + \cdots + RMR_{EGn} * D_n}{\sum_{i=1}^{n} D_i}$$

Donde:

RMREG P= Clasificación del macizo rocoso ponderado.

RMREG= Clasificación del macizo rocoso de cada Estación Geomecánica.

D= Distancia entre estaciones geomecánicas.

$$\overline{RMR_{EG\Delta}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} RMR_{EG\,i}}{N_{EG}}$$

Donde:

$\overline{RMR_{EG\Delta}}$=*Clasificación del macizo rocoso aritmético*
RMR_{EG}= *Clasificación del macizo rocoso de cada Estación Geomecánica*
N_{EG}= *Número total de estaciones geomecánicas*

$$Distancia = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Donde:

$X_2 - X_1$= *Longitud entre los componentes X (mE) de las estaciones*
$Y_2 - Y_1$= *Longitud entre los componentes Y (mN) de las estaciones*

El análisis descrito permitió una caracterización detallada de cada zona geológica del Tramo Irapuato - Guadalajara, obteniendo un total de 8 zonas, como se muestra en la siguiente tabla.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.60. Parámetros base para la definición de la zonificación geológica para el Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia.

ZONA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cadenamiento	000+000 – 053+000	053+001-090+000	090+001-121+000	121+001-161+000	161+001-181+000	181+001-191+700	191+701-253+000	253+001-284+730
Calidad de la roca	Regular	Regular a Mala	Buena a Regular	Regular	Buena	Mala	Buena	Mala
Estabilidad de la roca	Parcialmente estable	Parcialmente estable a Inestable	Estable a Parcialmente estable	Parcialmente estable	Estable	Inestable	Estable	Inestable
Índice de esfuerzos	Muy Fracturada	Muy Fracturada a Fracturada / Perturbada	Fracturada a Muy Fracturada	Muy Fracturada	Fracturada	Fracturada / Perturbada	Fracturada	Fracturada / Perturbada
Litologías dominantes	Toba riolítica / Aluvial	Toba riolítica / Aluvial	Riolita-Toba riolítica	Toba riolítica / Aluvial	Basalto - Andesita	Basalto-Andesita / Residual	Andesita - Basalto	Toba Riolítica
Origen	Erupciones volcánicas explosivas y llanuras aluviales	Erupciones volcánicas explosivas y llanuras aluviales	Erupciones volcánicas explosivas	Erupciones volcánicas explosivas	Derrames volcánicos	Derrames volcánicos	Derrames volcánicos	Erupciones volcánicas explosivas.
Morfología	Llanura aluvial	Llanura aluvial / Meseta	Meseta con lomerío	Meseta / Llanura de piso rocoso	Lomerío / Llanura de piso rocoso	Lomerío	Lomerío / Valle de laderas	Lomerío
Zonificación por riesgos	Bajo a Medio	Medio a Alto	Medio a Alto	Bajo a Medio	Bajo	Bajo	Medio a Alto	Medio
Estructuras (lineamientos y fallas geológicas)	Fallas normales perpendiculares (intersección aproximada: Pk 003+000, Pk 011+000 y Pk 030+000)	Fallas normales paralelas (Pk 070+000 - 071+000 ≈ a 650 m del trazo) y perpendiculares (intersección aproximada: alrededor del Pk 058+000 y 083+000).	Fallas normales paralelas (Pk 095+500 - 099+00 ≈ a 450 m) y perpendiculares (intersección aproximada: en el Pk 096+500, Pk 140+000 y Pk 117+500)	Fallas normales paralelas al trazo. (Pk 137+000 - 145+000 ≈ a 450 m)	N/A	N/A	Fallas normales paralelas (Pk 195+00 – 199+000 203+000 - 209+000 ≈ a 200 m) y perpendiculares (intersección aproximada: Pk 220+000, 237+000, 246+000, 250+500) al trazo.	Estructura de colapso (intersección aproximada: Pk 281+500).
Riesgo por inundación	Bajo a Medio	Medio	Bajo a Medio	Muy Bajo a Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio a muy alto	Alto
Número de zonas inundables	2	4	2	2	0	0	1	1
Número de Microcuencas	20	10	29	15	11	10	68	7
Tipo de drenaje	Escorrentía subterránea	Escorrentía subterránea	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía subterránea
Suelos colapsables y expansivos	Riesgo Medio a Alto	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo muy bajo a medio	Nulo	Nulo	Riesgo medio	Riesgo medio
Tipo de suelo	**Vertisoles** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Vertisoles** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Vertisol** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Vertisol** (grupo de las esmectitas: montmorillonita) – **Phaeozem** (horizonte poroso rico en humus)	**Planosol** (Caolinita, limos y arenas) - **Luvisol** (alto contenido de limos)	**Planosol** (Caolinita, limos y arenas) – **Luvisol** (alto contenido de limos)	**Luvisol** (alto contenido de limos) – **Phaeozem** (horizonte poroso rico en humus) – **Vertisol** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Regosol** (Suelo residual) – **Phaeozem** (horizonte poroso rico en humus)
Riesgo por subsidencia	De Medio a Alto	De Medio a Alto	Bajo	Bajo	Nulo	Nulo	Nulo	De Bajo a Medio
Riesgo por sismicidad	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio a Alto

CONSULTA PÚBLICA



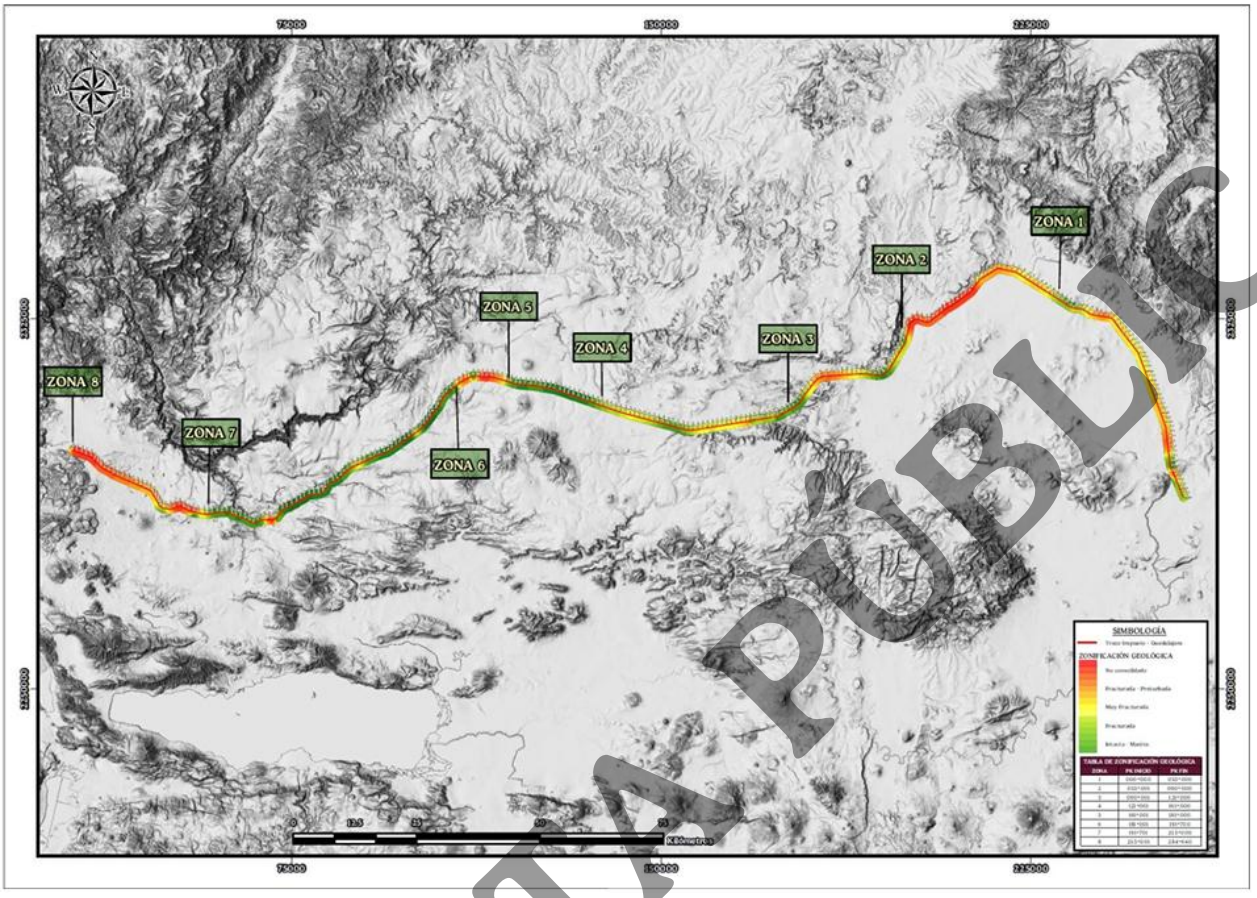


Figura III.54. Zonificación geológica del Tramo Irapuato-Guadalajara. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una descripción de las 8 zonas geológicas identificadas para el Área del Proyecto (AP):

- **ZONA GEOLÓGICA I**

La zona I comprende los primeros 53 kilómetros del Tramo Irapuato - Guadalajara, desde Irapuato, pasando por Silao hasta llegar a la entrada sureste de León. Se caracteriza por una topografía de pendientes de suaves a subhorizontales, asociada a una morfología dominada por llanuras aluviales. Litológicamente, la zona está conformada por rocas ígneas extrusivas asociadas a actividad volcánica de tipo explosiva y escasos derrames de lava; así como, por unidades sedimentarias vinculadas a depósitos de detritos en ambientes de llanura aluvial.

CONSULTA PÚBLICA

Descripción geomecánica

Tabla III.61. Parámetros geomecánicos de la zona geológica I (PK 000+000 – 053+300). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-001	Basalto	TmB-A	50-75	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Rugosa	75	70	II	Buena	Estable	Fracturada	2.02
TIG-EG-002	Toba riolítica	TplAr-TR	25-50	<0.06	>20	<0.10	Ligeramente rugoso	36	31	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	1.48
TIG-EG-003	Andesita	QptA-B	75-90	0.06-2.0	1a 3	1 a 5	Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	5.11
TIG-EG-005	Conglomerado	TplQptAr-Cgp	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	4.23
TIG-EG-006	Andesita	QptA-B	25-50	0.2-0.6	10 a 20	0.1 a 1.0	Lisa	49	44	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	13.05
TIG-EG-008	Toba riolítica	ToR-TR	<25	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Rugosa	46	41	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	6.03
TIG-EG-012	Toba riolítica	ToR-TR	<25	0.06-0.20	>20	>5	Muy rugosa	42	37	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	5.89
TIG-EG-013	Toba riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	<1	0	Rugosa	45	40	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	2.53
TIG-EG-015	Toba riolítica	ToR-TR	25-50	<0.06	>20	1 a 5	Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	3.55
TIG-EG-016	Toba riolítica	ToR-TR	25-50	0.6-0.20	3 a 10	1 a 5	Rugosa	51	46	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	2.85
TIG-EG-017	Toba riolítica	ToR-TR	<25	0.06-0.2	3 a 10	1 a 5	Rugosa	48	43	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	0.90
TIG-EG-018	Andesita	ToA	50-75	0.2-0.6	1 a 3	>5	Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	2.34

La unidad ToR-TR, está conformada por tobas riolíticas, con características geomecánicas, según la clasificación RMR, correspondientes a Clase III, es decir, calidad regular, con condiciones de estabilidad parcial y una estructura muy fracturada.

La unidad ToA está constituida por andesitas que exhiben condiciones geomecánicas favorables, como una calidad de roca buena, comportamiento estable y estructura fracturada. Sobre la unidad anterior se encuentra la unidad TmB-A, compuesta por basaltos que muestran características geomecánicas de macizos rocosos con calidad de roca buena, estables y una estructura fracturada.

La unidad TplAr-TR está formada por materiales piroclásticos que dieron origen a tobas riolíticas de mala calidad, inestables y una condición que varía de fracturada a perturbada. Por su parte, los depósitos sedimentarios de la unidad TplQptAr-Cgp, constituidos por conglomerados de mala calidad, por lo que se consideran inestables y con alto índice de fracturamiento (fracturada/perturbada).

Finalmente, en la cima de la columna litológica local se emplazan las coladas correspondientes a la unidad QptA-B que están representadas por andesitas con una calidad de roca de regular, muy fracturadas y parcialmente estables.

CONSULTA PÚBLICA

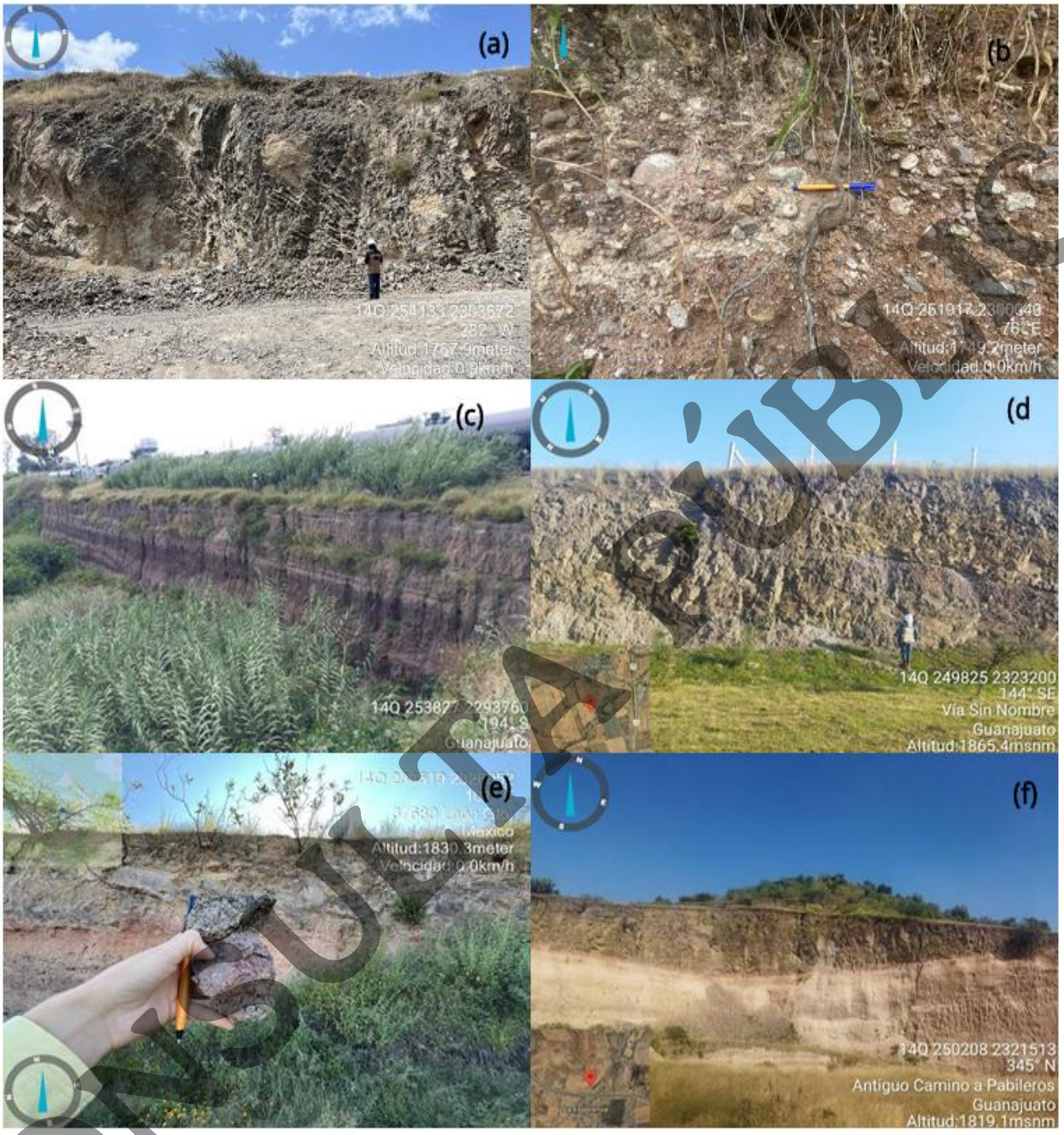


Figura III.55. Estaciones geomecánicas de la zona geológica I. TIG-EG-006 andesita de la unidad QptA-B (a); TIG-EG-005, conglomerado de la unidad TplQptAr-Cgp (b); TIG-EG-002, toba de la unidad TplAr-TR (c); TIG-EG-011, basalto de la unidad TmB-A (d); TIG-EG-018, andesita de la unidad ToA (e); TIG-EG-009, toba riolítica de la unidad ToRTR(f). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Columna litológica

De base a cima, la zona está constituida por ocho unidades litológicas, dominadas por materiales de origen ígneo, aunque también se reconocen depósitos sedimentarios representados por areniscas conglomerados y depósitos aluviales, cabe mencionar que, en este apartado únicamente se describen las unidades reconocidas mediante las estaciones geomecánicas. La unidad más antigua corresponde a la ToR-TR (Oligoceno), integrada por coladas de riolita y por material de origen piroclástico, el cual dio lugar a la formación de tobas riolíticas. La riolita presenta una coloración gris clara, mientras que la toba exhibe tonalidades beige con matices rojizos. La coexistencia de tobas y riolitas indica un episodio volcánico desarrollado en dos fases: una fase explosiva, responsable de la acumulación del material piroclástico, seguida de una fase efusiva caracterizada por el emplazamiento de coladas riolíticas.

Sobre esta unidad se dispone la ToA (Oligoceno), constituida por coladas de andesita de composición intermedia y textura afanítica. La roca presenta estructura masiva, coloraciones grises oscuro en muestra fresca y gris rojizo en muestras intemperizadas. Mineralógicamente está compuesta por plagioclasas, anfíboles y piroxenos. Después de un periodo de inactividad volcánica, o no deposito, se encuentra la unidad TmAr-Cgp, esta unidad se caracteriza por la presencia de depósitos de gravas y arenas no consolidadas, con una estratificación generalmente poco definida.

Los clastos son predominantemente de composición riolítica, aunque también se identifican, en menor proporción, fragmentos de origen andesítico. La unidad TmB-A (Mioceno) corresponde a coladas de basalto de textura afanítica, emplazadas durante episodios de volcanismo efusivo posteriores a un periodo de inactividad volcánica para la región geológica. La roca presenta tonalidades grises oscuro en estado fresco y marrón rojizo en zonas alteradas. Está constituida principalmente por piroxenos, anfíboles y plagioclasas, y localmente exhibe textura vesicular generada por el escape de gases durante el enfriamiento de la lava.

Por encima se reconoce la unidad TplAr-TR (Plioceno), integrada por depósitos piroclásticos consolidados que forman una toba lítica de composición riolítica. Esta unidad presenta coloraciones marrones a pardo oscuro, una matriz areno-arcillosa con fragmentos líticos de composición riolítica distribuidos de manera heterogénea y una estructura de pseudoestratificación, evidenciando un nuevo episodio de volcanismo explosivo. La unidad TplQptAr-Cgp (Plioceno-Pleistoceno) corresponde a depósitos detríticos constituidos por conglomerados con matriz areno-limosa de color marrón rojizo, asociados a la presencia de óxidos de hierro. Los clastos son subredondeados y presentan tamaños variables. Finalmente, la unidad más joven corresponde al QptA-B (Pleistoceno), integrado por coladas de andesita y basalto. Estas rocas presentan texturas afaníticas, estructura masiva y un grado de fracturamiento de moderado a alto que favorece la formación de bloques. La andesita observada en campo presenta coloraciones grises con tonalidades pardas claras, composición intermedia y una mineralogía dominada por piroxenos y plagioclasas. En la cima, o corona, de la columna, se encuentra la unidad Qhoal, del Holoceno y conformada por materiales no consolidados, principalmente gravas, arenas, limos y arcillas, originados por la desintegración, transporte y depósito de rocas preexistentes.

CONSULTA PÚBLICA



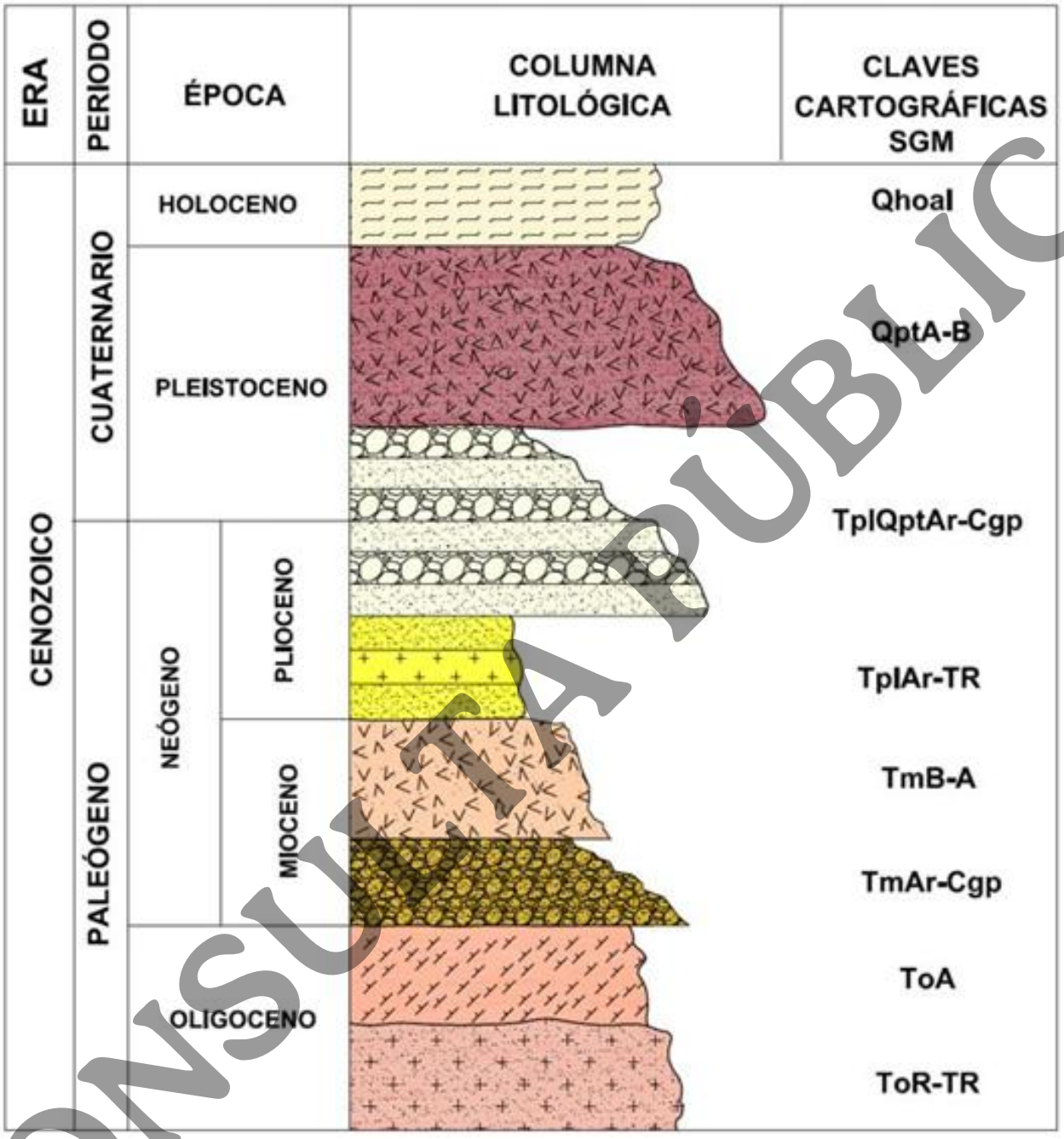


Figura III.56. Columna estratigráfica de la Zona Geológica I. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis estructural

Durante la exploración geológica de campo, dentro de la zona uno, se recabaron 106 datos estructurales correspondientes a posibles fallas y fracturas, las cuales se interpretan como estructuras menores derivadas de sistemas regionales: Fallas del Bajío y Morelia - Acambay. Se realizó la representación gráfica de la información en el software StereoNet, con el fin de obtener el estereograma y los diagramas de rosetas de rumbos y buzamientos para las estructuras, permitiendo identificar su predominio o tendencia (Ilustración 29). Se identificaron dos familias de discontinuidades, la primera se define por presentar en los diagramas de roseta, mayor densidad de datos estructurales en la dirección SE–NW e inclinación (echado) SW; se relacionan a la falla del Bajío. Por otro lado, en la segunda familia se identificaron pétalos con menor concentración de datos, que indican una dirección predominante SW–NE y con inclinación hacia el NW; relaciona con el sistema de fallas Morelia-Acambay.

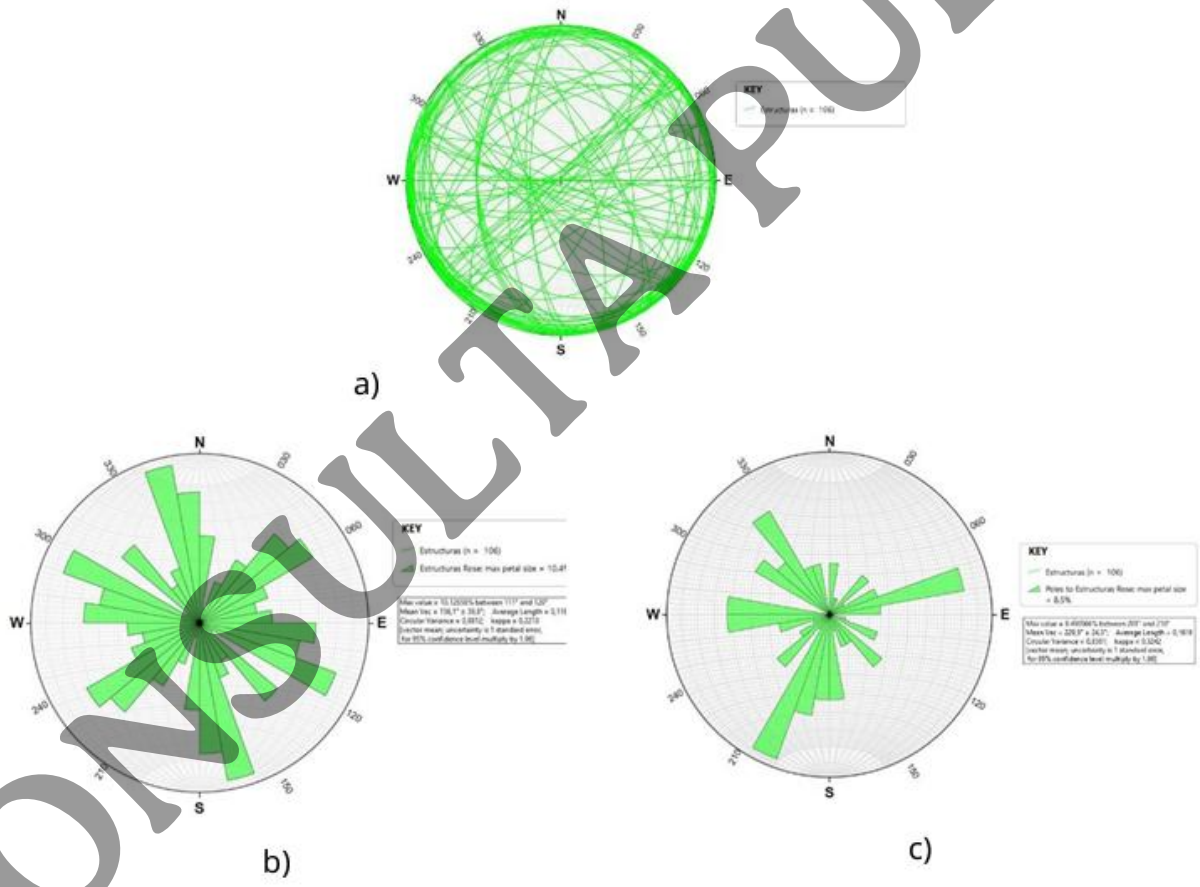


Figura III.57. Análisis estructural de la zona geológica I; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **ZONA GEOLÓGICA II**

La Zona II abarca 37 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, comprendidos entre el PK 053+001 y el PK 090+000, desde la porción sureste de León hasta la salida suroeste de San Francisco del Rincón, a la altura de la localidad de San Bernardo. Se caracteriza por una topografía controlada por fallas geológicas, donde la zona es interceptada por dos familias de discontinuidades; la primera, con dirección NE-SW que permitió la formación de la fosa del Bajío (depresión alargada delimitada por fallas normales que provocan el hundimiento del bloque central) en el que se localiza la ciudad de León, Guanajuato. En el sector Oeste de San Francisco del Rincón, el Graben Penjamillo con dirección Norte-Sur intercepta al sistema principal de fallas (NE-SW). La Fosa del Bajío está constituida en su mayoría por material aluvial y en menor proporción por tobas riolíticas. Sin embargo, los pilares por rocas ígneas extrusivas de origen piroclástico, representadas principalmente por tobas riolíticas, materiales originados por erupciones volcánicas de carácter explosivo.

Descripción geomecánica

Tabla III.62. Parámetros geomecánicos de la zona geológica II (PK 053+001 – 090+000). Elaboración propia.

TABLA 19. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA II (PK 053+001 - 090+000).													
DATOS GENERALES			RESULTADOS										
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-019	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	>2.0	3 a 10	0	Rugosa	57	52	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	9.28
TIG-EG-020	Toba Riolítica	ToR-TR	25-50	0.6-2.0	10 a 20	1 a 5	Rugosa	47	42	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	0.72
TIG-EG-021	Toba Riolítica	ToR-TR	25-50	<0.06	<1	0	Rugosa	49	44	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	3.20
TIG-PV-030	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	39	34	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.53
TIG-PV-031	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	0.06-0.20	10 a 20	1 a 5	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.64
TIG-PV-032	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	10 a 20	>5	Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	5.22
TIG-EG-023	Toba Riolítica	TmplTR	<25	<0.06	>20	>5	Ligeramente rugosa	31	26	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	4.13
TIG-PV-037	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	10 a 20	>5	Rugosa	37	32	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.37
TIG-EG-024	Dacita	TmB-A	25-50	<0.06	1 a 3	1 a 5	Ligeramente rugosa	46	41	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	2.99

La unidad ToR-TR, conformada por tobas riolíticas, presenta características geomecánicas desfavorables, pues posee una calidad de roca mala, con comportamiento inestable y un alto índice de fracturamiento (fracturada/perturbada). Sobre la unidad anterior, se encuentra la unidad TmB-A que, para la Zona II, se encuentra representada por roca andesita con alto grado de alteración, por lo que sus características geomecánicas son propias de macizos rocosos con calidad regular, con condiciones de estabilidad parcial y una estructura muy fracturada. Finalmente, se encuentra la unidad TmplTR, la cual se compone por tobas riolíticas de mala calidad e inestables, mostrando una condición de fracturada a perturbada.

CONSULTA PÚBLICA



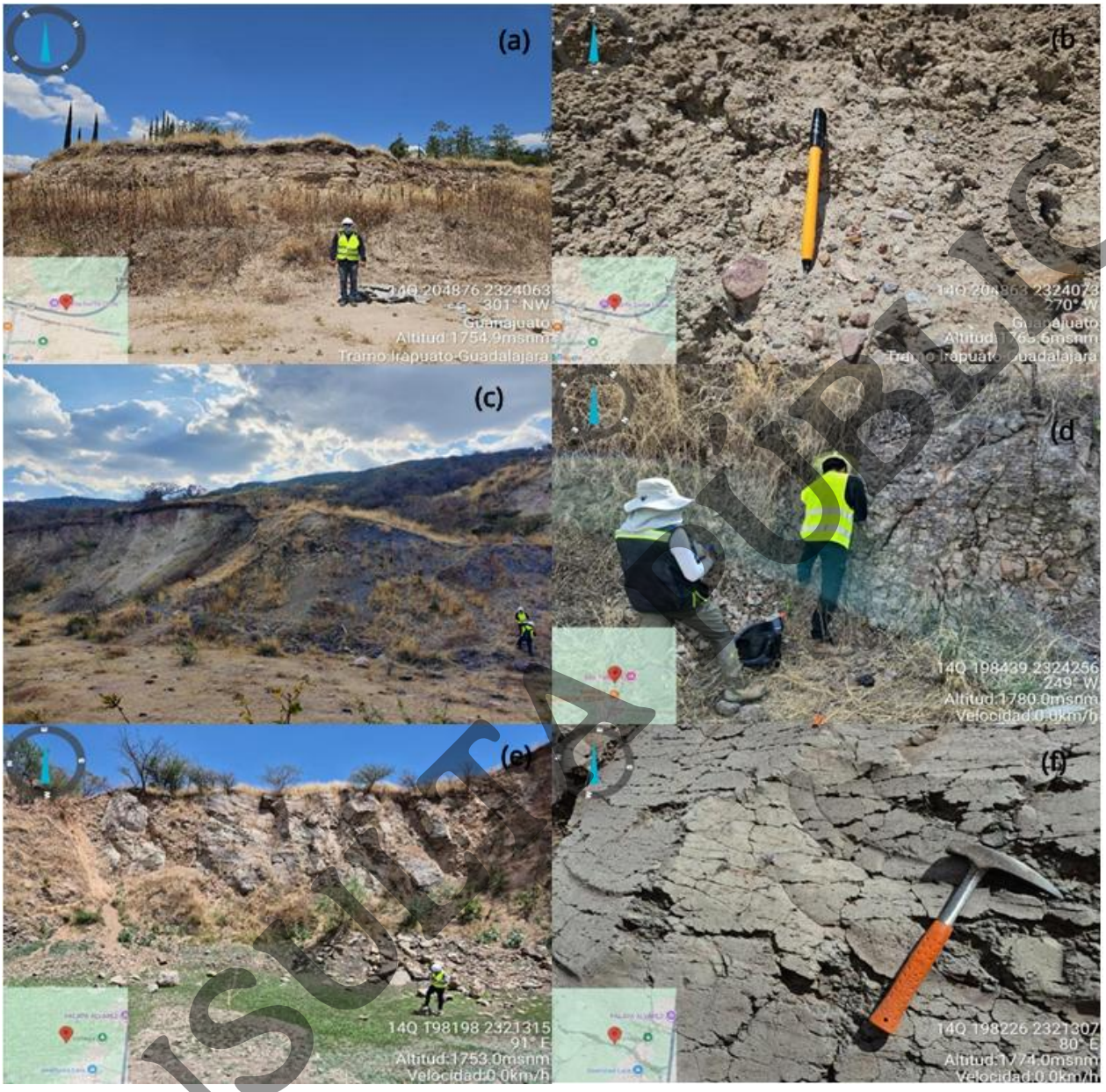


Figura III.58. Estaciones geomecánicas de la zona geológica II. TIG-EG-023, toba riolítica de la unidad TmplTR (a y b); TIG-EG-024, roca dacita de la unidad TmB-A (c y d); TIG-EG-021, toba riolítica de la unidad ToR-TR (e y f). Elaboración propia.

Columna litológica

La Zona II está conformada principalmente por rocas ígneas extrusivas, mediante el levantamiento de Estaciones Geomecánicas en las que se identificaron tres cuatro unidades litológicas mediante estaciones geomecánicas, que fueron complementadas con los resultados de puntos de verificación para la adición de una unidad más conformada por depósitos aluviales del Holoceno.

CONSULTA PÚBLICA



La unidad más antigua corresponde al Oligoceno (ToR-TR), está constituida por tobas riolíticas, generadas durante eventos eruptivos explosivos. Las tobas riolíticas presentan una estructura pseudoestratificada formada por una matriz de arenas y abundante material fino (cenizas) que contiene inmersos fragmentos líticos y cristalinos. Predominan colores claros, desde beige hasta marrón claro, mineralógicamente se constituye de cuarzo, feldespatos y plagioclasa. Tras un periodo de inactividad volcánica, se encuentra la unidad TmAr-Cgp, compuesta por depósitos de gravas y arenas no consolidadas, con estratificación poco definida y predominio de clastos riolíticos, acompañados por fragmentos andesíticos en menor proporción.

Sobre esta unidad se emplaza la unidad TmB-A, correspondiente al Mioceno, que está representada por derrames dacíticos de textura afanítica con un grado significativo de alteración, presenta tonalidades moradas en muestras frescas y verde grisáceas claras en sectores alterados. Mineralógicamente, contienen feldespato y plagioclasa, además de clorita asociada a procesos de alteración. La unidad de roca más superficial es la TmplTR, de edad Mioceno–Plioceno, constituida por tobas riolíticas de origen piroclástico.

Estas rocas presentan una matriz compuesta por cenizas y arenas, con fragmentos líticos, además de cristales de cuarzo y feldespatos, sus tonalidades varían entre beige claro en muestras frescas y gris pardo claro en muestras alteradas, reflejando episodios eruptivos explosivos que generaron depósitos de material fino y fragmentos volcánicos.

En la cima, o corona, de la columna litológica se encuentra la unidad Qhoal, del Holoceno, la cual se conforma por depósitos aluviales, estos depósitos están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados de origen continental, acumulados por procesos de erosión, transporte y sedimentación, y se distribuye principalmente en los márgenes de arroyos y llanuras aluviales

CONSULTA PÚBLICA



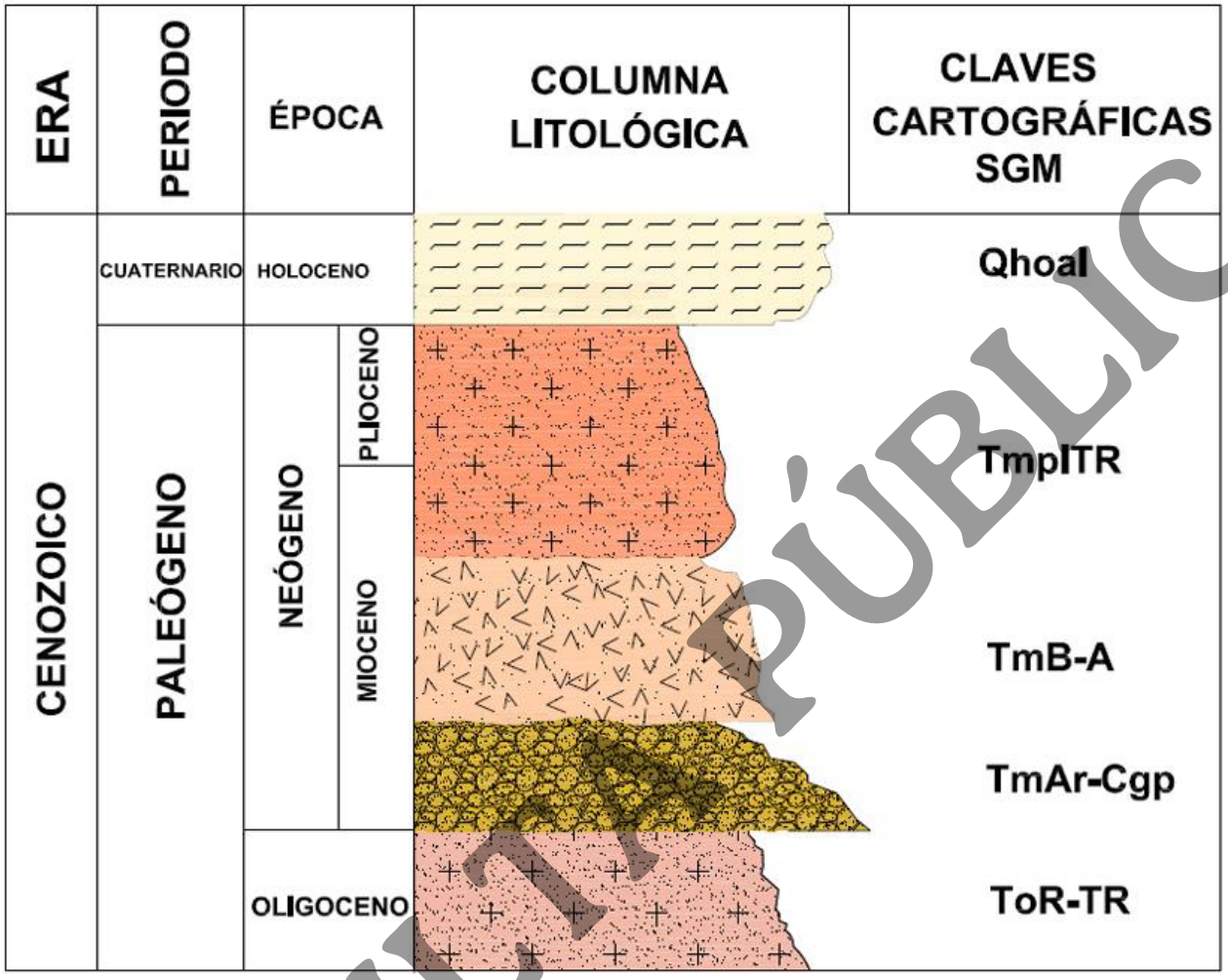


Figura III.59. Columna estratigráfica de la Zona Geológica II. Elaboración propia.

Análisis estructural

Respecto a la Zona II, se recabaron aproximadamente 37 datos estructurales, correspondientes a fallas normales y fracturas asociadas a estas estructuras. Como se mencionó anteriormente, esta zona se caracteriza por presentar una topografía fuertemente controlada por estructuras geológicas de gran magnitud.

El análisis estructural, representado mediante estereogramas y diagramas de roseta, muestra una tendencia estructural dominante con dirección (rumbo) SW-NE e inclinación hacia el NW (echados), estas tendencias son correlacionables con el sistema de fallas Morelia – Acambay, localizada en las inmediaciones de la ciudad de León, Guanajuato. También, se identificó una segunda tendencia con orientación preferente SE-NW e inclinación hacia el SW, la cual guarda una estrecha relación con el Graben Penjamillo el cual forma parte de esta zona, ubicado al oeste de San Francisco del Rincón.

CONSULTA PÚBLICA

De igual manera, el análisis estereográfico evidencia la presencia de concentraciones de menor densidad que conservan una orientación similar a las tendencias estructurales principales. Estas concentraciones sugieren la existencia de estructuras secundarias (mayormente fracturas), originadas como resultado de la evolución y propagación de los sistemas de fallas principales previamente descritos

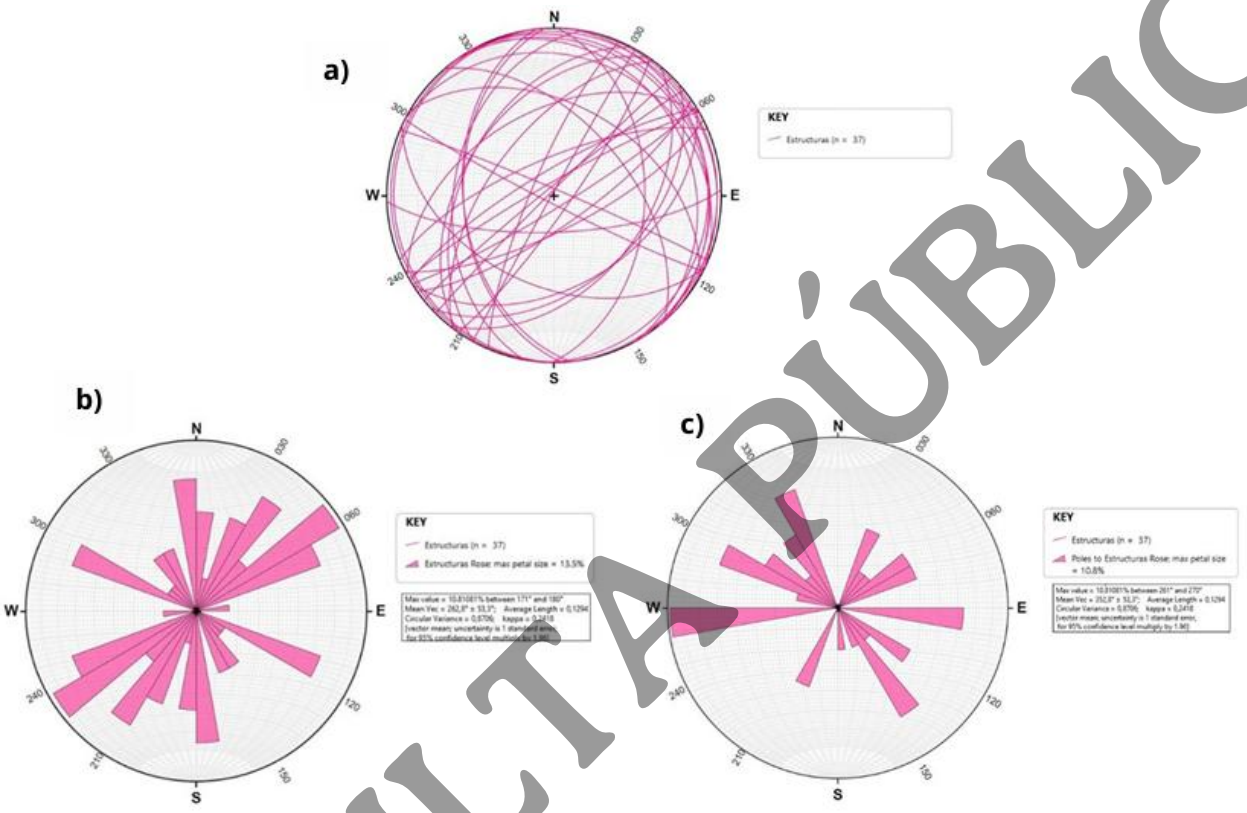


Figura III.60. Análisis estructural de la zona geológica II; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **ZONA GEOLÓGICA III**

La Zona III comprende 31 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, inicia en el PK 090+001 y finaliza en el PK 121+000. Se extiende desde la localidad de La Descubridora, Guanajuato, hasta la localidad de Manuel Martínez Valadez, Jalisco. Las topoformas dominantes consisten en mesetas, lomeríos y, en menor proporción, por llanuras aluviales delimitadas por fallas geológicas normales.

La geología de la Zona se caracteriza por el predominio de unidades volcánicas entre las que destacan riolitas y tobas riolíticas, en menor proporción basaltos, andesitas y depósitos aluviales. El comportamiento geomecánico varía de clase II a III, con calidad de roca que va de buena a regular y estabilidad de buena a parcialmente estable, así como un índice de esfuerzos geológicos que oscilan de fracturados a muy fracturados como respuesta a las afectaciones por fallas normales con dirección E-W que interceptan el eje ferroviario y a los contactos litológicos que pueden o no estar asociados al tectonismo de la región. Lo anterior se evidencia entre los Pk 108+00 y 114+000 pues en este sector se aprecia la variación en la calidad del material.

Descripción geomecánica

Tabla III.63. Parámetros geomecánicos de la zona geológica III (PK 090+001 – 121+000). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (km)
TIG-EG-025	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	3 a 10	>5	Rugosa	61	56	II	Buena	Estable	Fracturada	4.97
TIG-EG-026	Riolita	ToR-TR	25-50	0.06-0.20	1 a 3	>5	Ligeramente rugosa	53	48	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	3.66
TIG-EG-027	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	1 a 3	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	5.70
TIG-EG-028	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.06-0.20	3 a 10	1 a 5	Rugosa	55	50	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	6.18
TIG-EG-029	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	>20	1 a 3	1 a 5	Ligeramente rugosa	39	34	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	4.61
TIG-EG-030	Riolita	ToR-TR	25-50	0.6-2.0	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	51	46	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	3.03
TIG-EG-031	Riolita	ToR-TR	50-75	>2.00	10 a 20	0	Ligeramente rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	5.34

La unidad del Oligoceno (ToR-TR), dentro del cual se pueden encontrar dos tipos de roca. El primer tipo corresponde a una riolita con calidad de roca regular y parcialmente estable. Además, presenta una estructura muy fracturada.

Por otro lado, el segundo tipo de roca corresponde a depósitos de tobas cristalinas de composición riolítica, donde el macizo rocoso se clasifica como de calidad regular y parcialmente estable. Asimismo, presenta una estructura muy fracturada. La unidad del Mioceno (TmB-A) constituido por roca andesita, la cual se clasifica como de buena calidad geomecánica, con condiciones de estabilidad favorables y una estructura moderadamente fracturada.

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.61. Estaciones geomecánicas de la zona geológica III. TIG-EG-029, roca toba riolítica de la unidad ToR-TR A (a y b); TIG-EG-031, roca riolita de la unidad ToR-TR (c y d); TIG-EG-027, roca andesita de la unidad TmB (e y f). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Columna litológica

La Zona III está constituida principalmente por rocas ígneas extrusivas, en las que, a partir de estaciones geomecánicas, se identificaron al menos dos unidades litológicas principales.

Aunque la cartografía sugiere también la presencia de areniscas-conglomerados del Mioceno y depósitos aluviales del Holoceno. La unidad más antigua corresponde al Oligoceno (ToR-TR), está constituida por un episodio eruptivo compuesto por dos tipos de roca: riolitas y depósitos piroclásticos.

Las riolitas presentan composición félsica, textura afanítica y colores que varían de marrón rojizo claro a tonalidades más intensas; mineralógicamente contiene cristales de cuarzo, feldespato y plagioclasa.

Por su parte, las tobas riolíticas corresponden a depósitos cristalinos con matriz de material piroclástico fino (cenizas), donde se observan cristales de cuarzo embebidos, con texturas líticas a cristalinas y colores claros con tonalidades beige y rojizas.

Posteriormente, después de un periodo de inactividad volcánica, se depositó la unidad TmAr-Cgp, integrada por gravas de composición riolítica y andesítica, embebidos en una matriz de arenas no consolidadas con estratificación poco desarrollada.

Posteriormente, en el Mioceno se reconoce la unidad TmB-A, constituida por andesitas de composición intermedia, matriz afanítica que contiene inmersos cristales de plagioclasas, piroxenos y anfíboles y estructura masiva, presentan color gris oscuro en estado fresco y grisáceo claro en estado alterado. Su presencia, en contacto o sobreyaciendo a las unidades oligocénicas, sugiere intervalos de inactividad volcánica o erosión entre eventos magmáticos.

En la parte superior de la columna litológica se encuentra la unidad Qhoal del holoceno, consta de depósitos aluviales compuestos de gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados, acumulados por procesos de erosión, transporte y sedimentación, principalmente en márgenes de arroyos y llanuras aluviales.

CONSULTA PÚBLICA



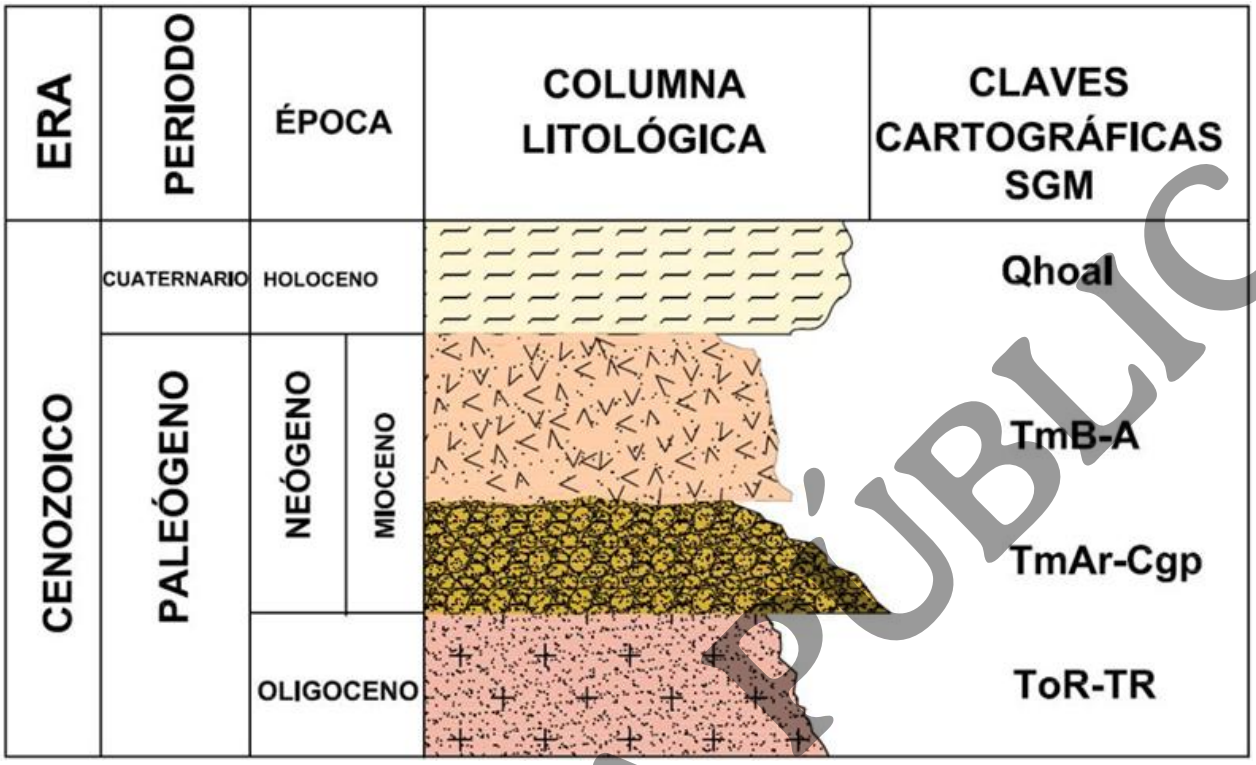


Figura III.62. Columna estratigráfica de la Zona Geológica III. Elaboración propia.

Análisis estructural

En la Zona geológica III se recabaron aproximadamente 63 datos estructurales de fallas y fracturas a partir de los cuales se elaboraron estereogramas y diagramas de roseta que representan la densidad o frecuencia de las estructuras en función de su orientación e inclinación.

La tendencia estructural dominante, se determinó con base a la concentración de datos de las gráficas la orientación SW-NE con inclinación hacia el NW, es la familia predominante y coincide con el sistema de fallas de Los Altos, que se concentra en el extremo oeste de la Zona III. Por otra parte, se identifica una segunda tendencia estructural con orientación preferente N-NW-S-SE e inclinación hacia el E-NE, que guarda correspondencia con el Graben Penjamillo, ubicado en la porción Este de la zona geológica III.

Asimismo, el análisis evidencia la presencia de pétalos de menor densidad, cuyas orientaciones son prácticamente paralelas a las tendencias estructurales principales, como resultado de la evolución y propagación de los sistemas de fallas principales previamente descritos.

CONSULTA PÚBLICA

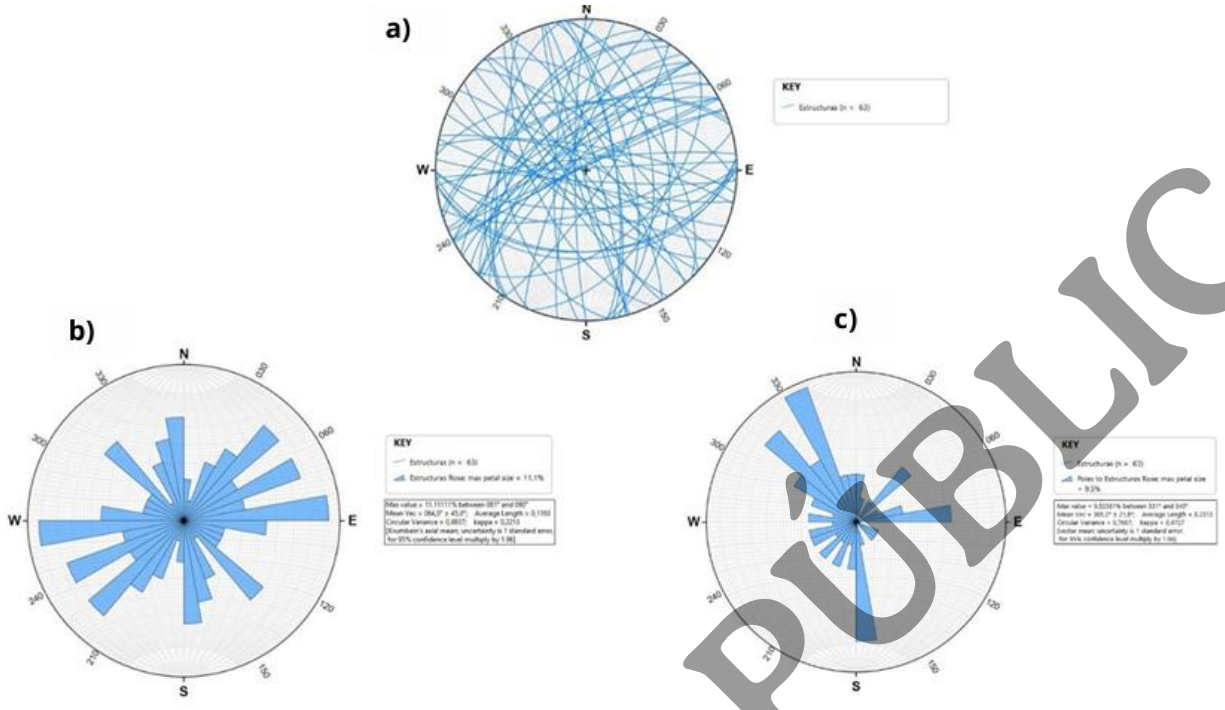


Figura III.63. Análisis estructural de la zona geológica III; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **ZONA GEOLÓGICA IV**

La Zona IV comprende los siguientes 40 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, inicia en el PK 121+001 y finaliza en el PK 161+000. Se extiende desde el poblado de Manuel Martínez Valadez hasta llegar al poblado de Tres Palos, ambos ubicados en el estado de Jalisco. La geología de la zona esta caracterizada por un dominio de unidades volcánicas, destacando las tobas riolíticas y en menor proporción andesitas, basaltos, riolitas y depósitos aluviales. Respecto al origen geológico de los materiales; las tobas riolíticas y las riolitas se forman a partir de erupciones volcánicas explosivas, mientras que las andesitas y basaltos provienen de derrames volcánicos de carácter efusivo.

Las topoformas predominantes corresponden a llanuras de piso rocoso con superficies planas que se desarrollan en áreas topográficamente bajas, rellenas por cenizas volcánicas, así como regiones de mesetas creadas por coladas de lava. La configuración Este de la zona está influenciada por un Sistema de Fallas con dirección E-W.

Descripción geomecánica

Tabla III.64. Parámetros geomecánicos de la zona geológica IV (PK 121+001 – 161+000). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS										
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-033	Toba Riolítica	ToR-TR	25-50	0.6-2.0	1 a 3	0	Rugosa	67	62	II	Buena	Estable	Fracturada	0.92
TIG-EG-034	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	50	45	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	4.85
TIG-EG-035	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.6-2.0	3 a 10	0	Ligeramente rugosa	70	65	II	Buena	Estable	Fracturada	0.28
TIG-EG-036	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.6-2.0	1 a 3	<0.10	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	5.53
TIG-EG-037	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.06 a 0.20	3 a 10	1 a 5	Ligeramente rugosa	54	49	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	3.97
TIG-EG-038	Toba Riolítica	TmplTR	75-90	0.2-0.6	1 a 3	>5	Ligeramente rugosa	56	51	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	6.86
TIG-EG-039	Toba Riolítica	TmplTR	50-75	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	6.47
TIG-EG-040	Toba Riolítica	ToR-TR	75-90	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	55	50	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	3.47
TIG-EG-041	Andesita	TmB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	>5	Ligeramente rugosa	42	37	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	5.00
TIG-EG-042	Basalto	TmB-A	25-50	0.06-0.20	1 a 3	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	48	43	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	7.94

En la base de la secuencia litológica se encuentra la unidad ToR-TR, conformada por tobas riolíticas. Los macizos rocosos asociados presentan una calidad de roca regular, una condición parcialmente estable y una estructura muy fracturada.

Sobre la unidad anterior se encuentra la unidad TmB-A, integrada, en la Zona IV, por dos tipos de roca: andesita y basalto. Los macizos rocosos desarrollados en ambas litologías exhiben características geomecánicas similares, con una calidad de roca regular, una condición parcialmente estable y una estructura muy fracturada.

CONSULTA PÚBLICA



En la parte superior de la columna litológica se ubica la unidad TmplTR, constituida por depósitos piroclásticos que originan tobas de composición riolítica; esta unidad presenta una calidad de roca regular, una condición parcialmente estable y una estructura muy fracturada.

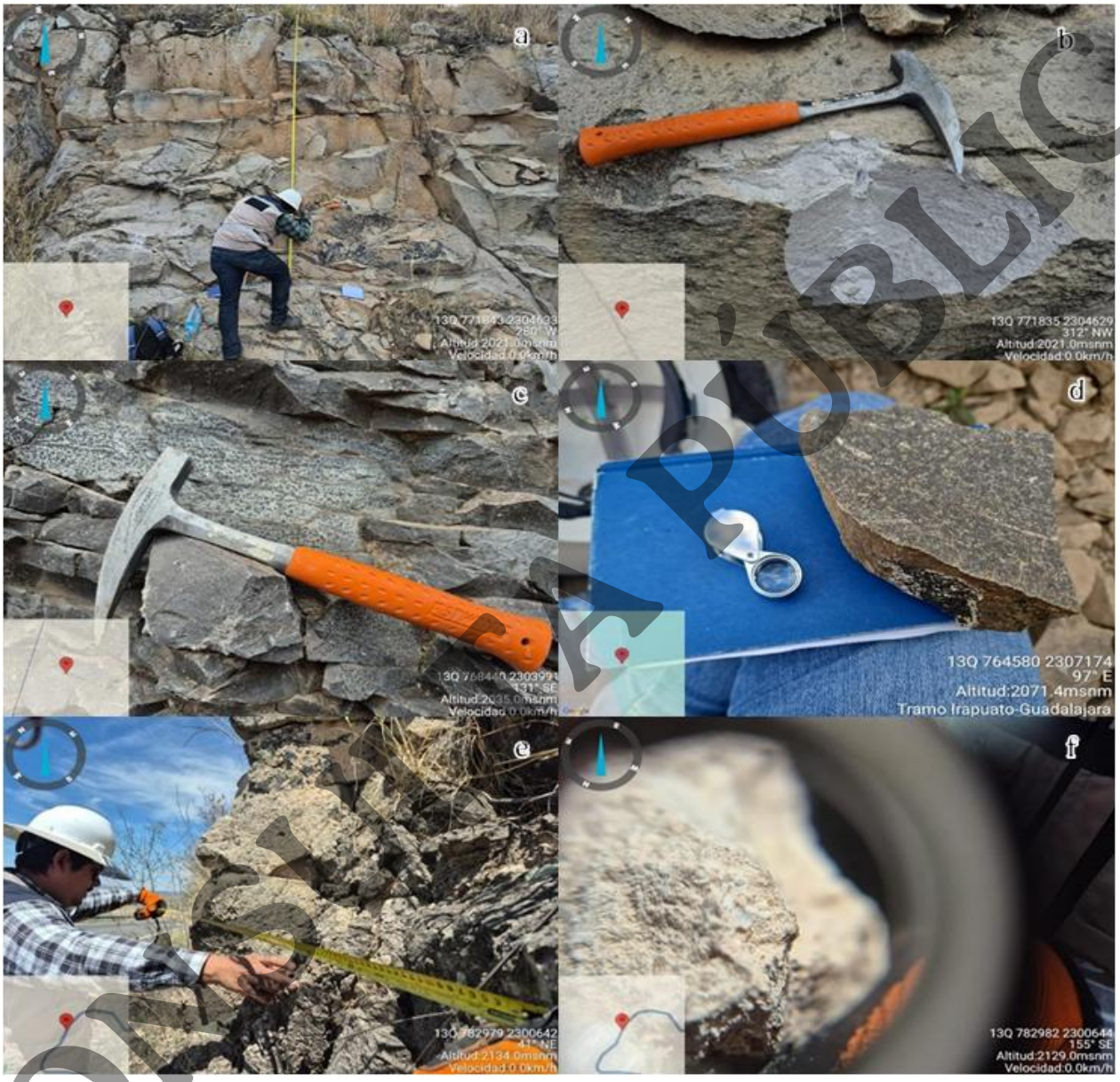


Figura III.64. Estaciones geomecánicas de la zona geológica IV. TIG-EG-040, toba riolítica de la unidad ToR-TR (a & b); TIG-EG-041, roca andesita de la unidad TmB-A (c); TIG-EG-042, roca basalto de la unidad TmB-A (d); toba riolítica de la unidad TmplTR (e & f). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Columna litológica

La Zona IV se caracteriza por estar conformada por rocas ígneas extrusivas. A partir de las estaciones geomecánicas y bibliografía, se identifican al menos cinco unidades litológicas.

En la base de la columna se identificó la unidad ToR-TR (Oligoceno), que consta de un evento piroclástico representado por tobas riolíticas de composición félsica, textura afanítica y buena consolidación. En afloramiento, las rocas presentan una coloración parda que varía de tonos claros a oscuros.

Estas rocas se originaron a partir de erupciones volcánicas explosivas que generaron depósitos piroclásticos subhorizontales, compuestos principalmente por ceniza volcánica, partículas vítreas y fragmentos líticos.

Por encima de la unidad anterior, se encuentra la unidad TmB-A (Mioceno), que representa derrames volcánicos asociados a erupciones efusivas, de andesitas y basaltos. La andesita presenta composición intermedia, textura afanítica y coloración gris oscuro, se presenta en forma de bloques o estructura lajeada.

El basalto, por su parte, exhibe composición máfica, textura afanítica y coloración gris oscuro con tonalidades rojizas. Sobre la unidad anterior se posiciona la unidad TmplTR (Mioceno–Plioceno), que está conformada por un evento piroclástico que permitió el depósito de tobas riolíticas de composición félsica y textura afanítica.

Las rocas presentan una matriz rocosa de color gris oscuro en estado alterado y tonalidades beige en muestra sana. Esta unidad se asocia a episodios volcánicos explosivos que generaron ceniza volcánica, partículas vítreas y fragmentos líticos que posteriormente se consolidaron.

Sobreyaciendo a la unidad TmplTR, se encuentra la unidad QptA-B, del Pleistoceno, conformada por coladas masivas de andesitas y basaltos, con un grado considerable de fracturamiento, generando bloques.

La unidad Qhoal, del Holoceno, ocupa la parte superior de la columna litológica y está integrada por depósitos aluviales conformado por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados, originados por procesos de erosión, transporte y sedimentación.

CONSULTA PÚBLICA



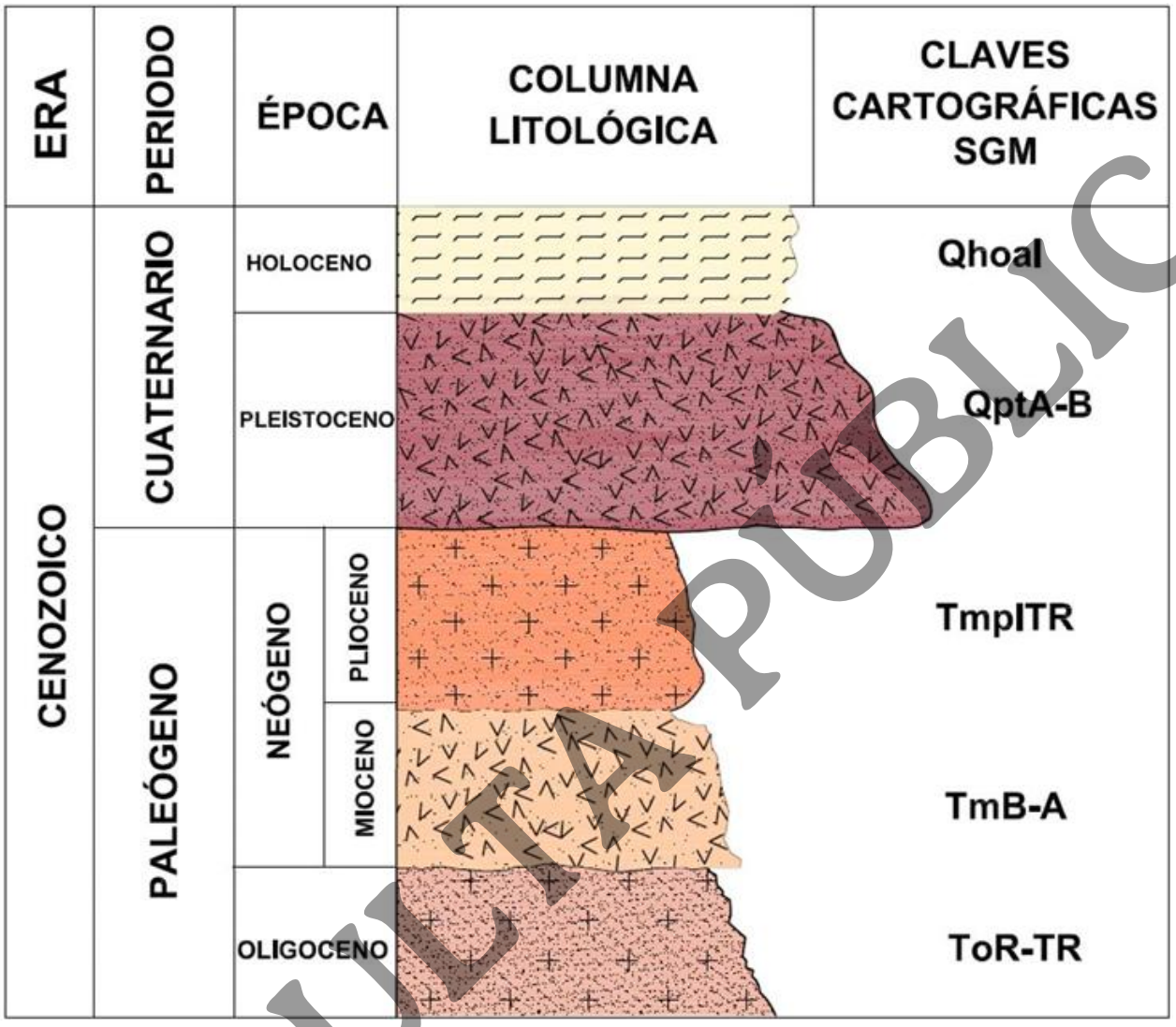


Figura III.65. Columna estratigráfica de la Zona Geológica IV. Elaboración propia.

Análisis estructural

Dentro de la Zona IV se recabaron aproximadamente 70 datos estructurales, correspondientes a fallas geológicas y fracturas.

El análisis estructural muestra que la tendencia dominante para la zona geológica presenta una orientación preferente SE-NW con inclinación hacia el SW, posiblemente aún asociadas al sistema del Bajío. La segunda tendencia estructural corresponde a fallas y fracturas con dirección NE-SW e inclinación preferente hacia el SE, que forman parte del sistema Los Altos.

Adicionalmente, los diagramas de roseta muestran pétalos de menor densidad que representan estructuras secundarias, interpretadas como fracturas generadas durante la evolución tectónica de los sistemas dominantes. Cabe destacar que las fallas normales

CONSULTA PÚBLICA

identificadas en las inmediaciones de la Zona IV son subparalelas al eje del proyecto y no lo intersectan directamente, por lo que no fueron levantadas en campo.

Sin embargo, las fracturas asociadas, que presentan orientaciones e inclinaciones similares a las estructuras principales, fueron reconocidas en los macizos rocosos observados durante los trabajos de campo. Esta condición sugiere que, aunque las fallas principales no afectan de manera directa el Tramo Irapuato - Guadalajara, el fracturamiento derivado de su actividad puede influir en el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos.

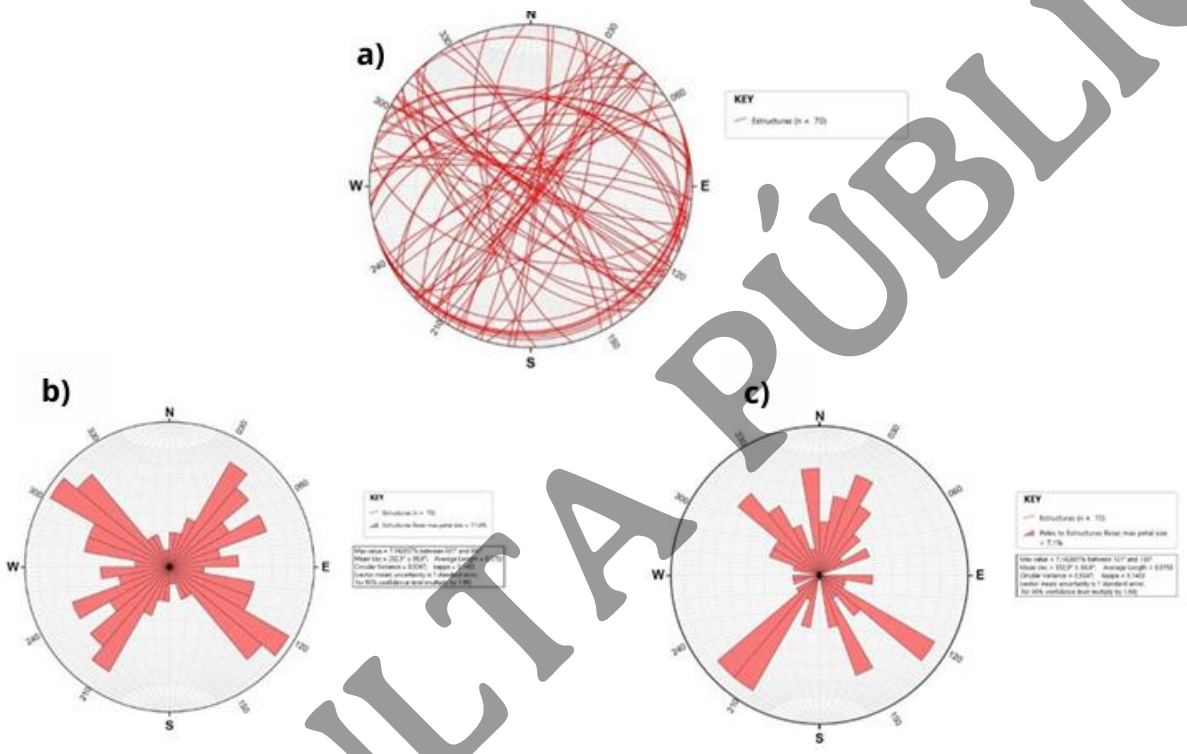


Figura III.66. Análisis estructural de la zona geológica IV; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- ZONA GEOLÓGICA V

La Zona V pose una longitud aproximada de 20 km, iniciando en el PK 161+001 y finalizando en el PK 181+000. Se extiende desde las inmediaciones del poblado de Tres Palos hasta la localidad de El Cuatro, al norte de Capilla de Guadalupe, en el estado de Jalisco.

La litología está constituida por depósitos aluviales, rocas híbridas del tipo arenisca–toba riolítica y material residual; no obstante, predominan las rocas ígneas extrusivas, originadas por el enfriamiento y solidificación rápida de lavas emitidas durante erupciones volcánicas efusivas, representadas principalmente por basaltos.

Las topoformas predominantes corresponden a lomeríos y llanuras. El comportamiento geomecánico de la Zona V corresponde a Clase II, de acuerdo con la clasificación RMR, presenta calidad de roca buena y condiciones de estabilidad favorables. No obstante, presenta una estructura fracturada asociada al índice de esfuerzos geológicos que ha actuado en la zona.

Descripción geomecánica

Tabla III.65. Parámetros geomecánicos de la zona geológica V (PK 161+001 – 181+000). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-043	Basalto	TmB-A	50-75	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	3.83
TIG-EG-044	Basalto	TmB-A	75-90	0.6-2.0	<1	0	Muy rugosa	92	87	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	7.66
TIG-EG-046	Basalto	TmB-A	50-75	0.2-0.6	1 a 3	>5	Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	10.11

La Zona V está constituida predominantemente por basaltos, pertenecientes a una misma unidad litológica, lo que le confiere un comportamiento geomecánico uniforme y favorable. El macizo rocoso asociado presenta una calidad de roca que varía de buena a muy buena, condiciones de estabilidad de estables a totalmente estables y una estructura que evoluciona. de masiva a fracturada.

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.67. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica V. TIG-EG-043, basalto de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-044, roca andesita de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-046, roca basalto de la unidad TmB-A (e & f). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Columna litológica

La Zona V comprende aproximadamente 20 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, entre los PK 161+001 y 181+000. En este segmento aflora la unidad TmB-A, de edad Mioceno, constituida predominantemente por basaltos.

Estas rocas ígneas extrusivas se originaron por el rápido enfriamiento y solidificación de flujos de lava de composición máfica, emitidos durante erupciones volcánicas efusivas, se presentan de forma afanítica y con textura vesicular, exhiben coloración gris oscuro en muestra fresca y evolucionan a un color gris claro con matices rojizos como resultado de procesos de alteración.

Tras un periodo de inactividad volcánica, se depositó la unidad TplAr-TR, compuesta por una mezcla de sedimentos detríticos con material piroclástico. La toba ácida que forma parte de la unidad se caracteriza por estar constituida por cenizas del tamaño de arcillas de tonalidad marrón claro, en muestra intemperizada se observa color marrón claro a grisáceo.

En la parte superior de la columna litológica se presentan depósitos aluviales (Qhoal) y suelos residuales (Qhore), ambos de edad holocena y constituidos por materiales relativamente recientes. Los depósitos aluviales están formados por arcillas, limos y arenas transportados y depositados por corrientes fluviales, mientras que los suelos residuales se originan in situ a partir de la meteorización química y mecánica de rocas preexistentes, influida por agentes como la lluvia y el viento, sin intervención de transporte.

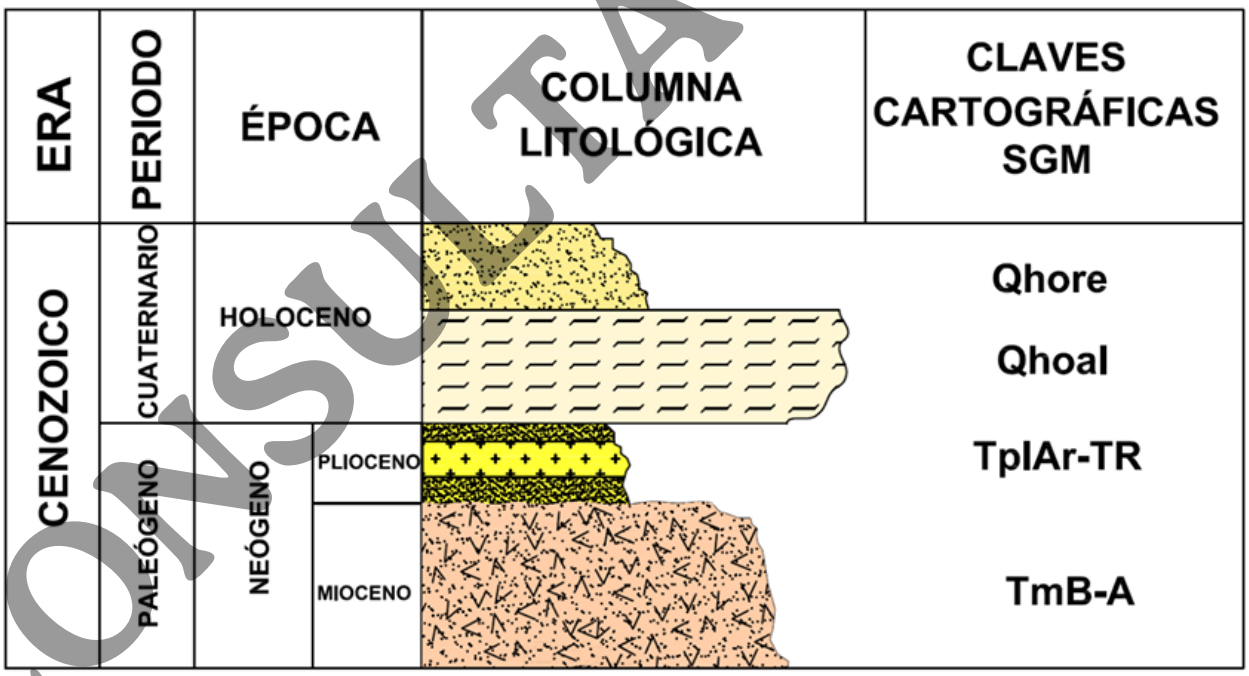


Figura III.68. Columna estratigráfica de la Zona Geológica V. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis estructural

Dentro de la Zona V se recabaron alrededor de 22 datos estructurales de fallas y fracturas regionales. Aunque en esta zona, no se hayan registrado estructuras de gran magnitud, como fallas activas, que atraviesen o se encuentren cerca del Tramo Irapuato - Guadalajara, se tiene la presencia, a nivel regional, de la Familia de Fallas Los Altos que poseen direcciones NE-SW.

En la siguiente figura se presenta el análisis estructural mediante estereogramas y diagramas de roseta de la Zona V, se aprecia como tendencia dominante la orientación SW-NE, con echados hacia el NW, se asocia al sistema regional de Los Altos. Por otro lado, la segunda tendencia posee una orientación NW-SE con inclinación hacia el NE, que representa al Graben de Chapala.

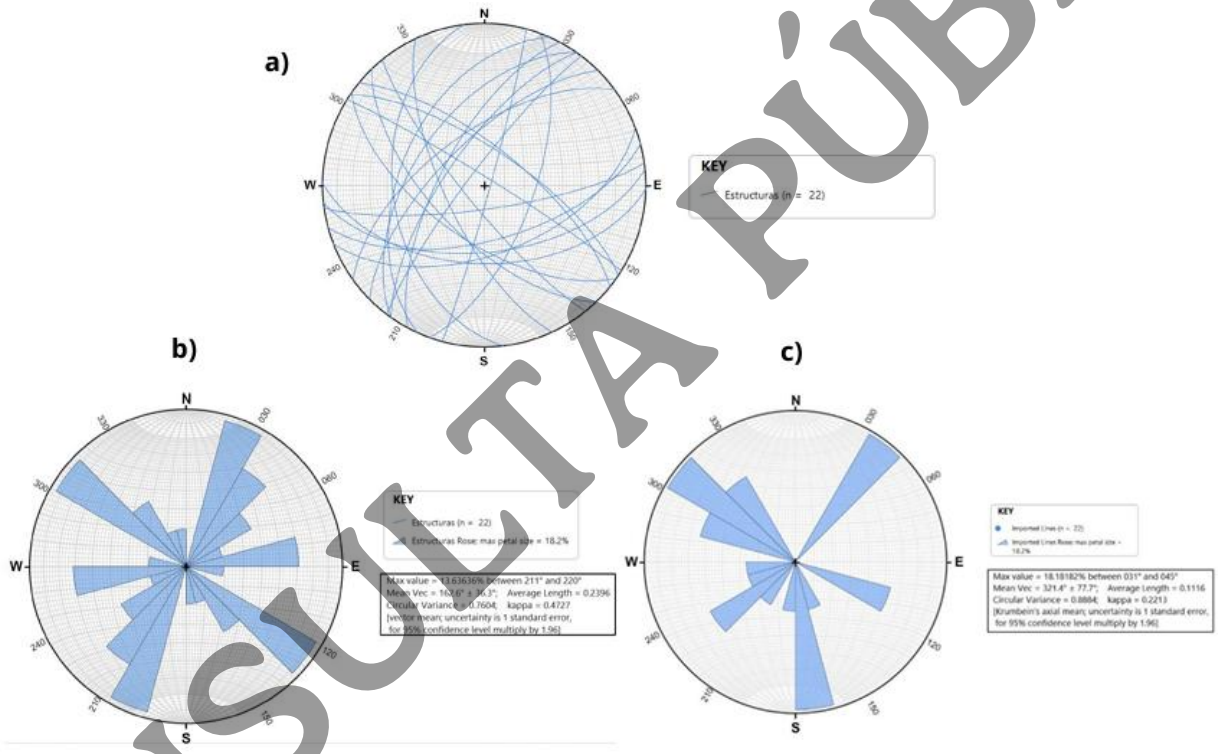


Figura III.69. Análisis estructural de la zona geológica V; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **ZONA GEOLÓGICA VI**

La Zona VI se desarrolla a lo largo de aproximadamente 10.7 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, iniciando en el Pk 181+001 y finalizando en el Pk 191+700, desde la localidad de El Cuatro hasta Santana de Abajo, en el estado de Jalisco. Está conformada por unidades volcánicas: basaltos, andesitas y tobas riolíticas y, en menor proporción, por depósitos aluviales y suelos residuales.

El comportamiento geomecánico de los materiales de la Zona VI, de acuerdo con la clasificación de RMR corresponde a la Clase IV, lo que indica una roca de mala calidad, con condiciones de estabilidad desfavorables y una estructura fracturada/perturbada. Estas condiciones se atribuyen principalmente a las variaciones de competencia mecánica en función de los procesos formadores de roca, ej.

Los procesos explosivos que generaron las nubes de ceniza volcánica que dieron origen a las tobas riolíticas, mientras que, los derrames efusivos dieron lugar a los basaltos y a las andesitas. El depósito de agregados retrabajados en las regiones topográficamente bajas explica la presencia de los depósitos aluviales y suelos residuales. En consecuencia, las topoformas asociadas son edificios y derrames de lava que se aprecian como lomeríos en contacto con áreas de desembocadura (llanura).

Descripción geomecánica

Tabla III.66. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VI (PK 181+001 – 191+700). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-PV-082	Toba Riolítica	TmB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	1 a 5	Rugosa	33	28	IV	Mala	Inestable	Fracturada/ Perturbada	2.16
TIG-EG-048	Basalto	TmB-A	75-90	0.2-0.6	3 a 10	1 a 5	Ligeramente Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	1.72
TIG-EG-049	Andesita	TmB-A	25-50	0.06-0.20	< 1	1 a 5	Muy Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	4.02

La Zona VI está conformada principalmente por la unidad TmB-A, del Mioceno, integrada por tobas, basaltos y andesitas. Estas litologías, comparten características geomecánicas similares, pues presenta una calidad de roca mala (Clase IV, RMR), con condiciones de estabilidad desfavorables y una estructura fracturada-perturbada. En términos generales está Zona se constituye por materiales con comportamiento geomecánico desfavorable, condicionado tanto por la heterogeneidad litológica como por la transición entre las unidades volcánicas y materiales no consolidados, como depósitos aluviales y suelos residuales. Esta variabilidad puede influir en la respuesta mecánica del terreno, particularmente en aquellos sectores donde se desarrollen excavaciones o se proyecten terraplenes.

CONSULTA PÚBLICA



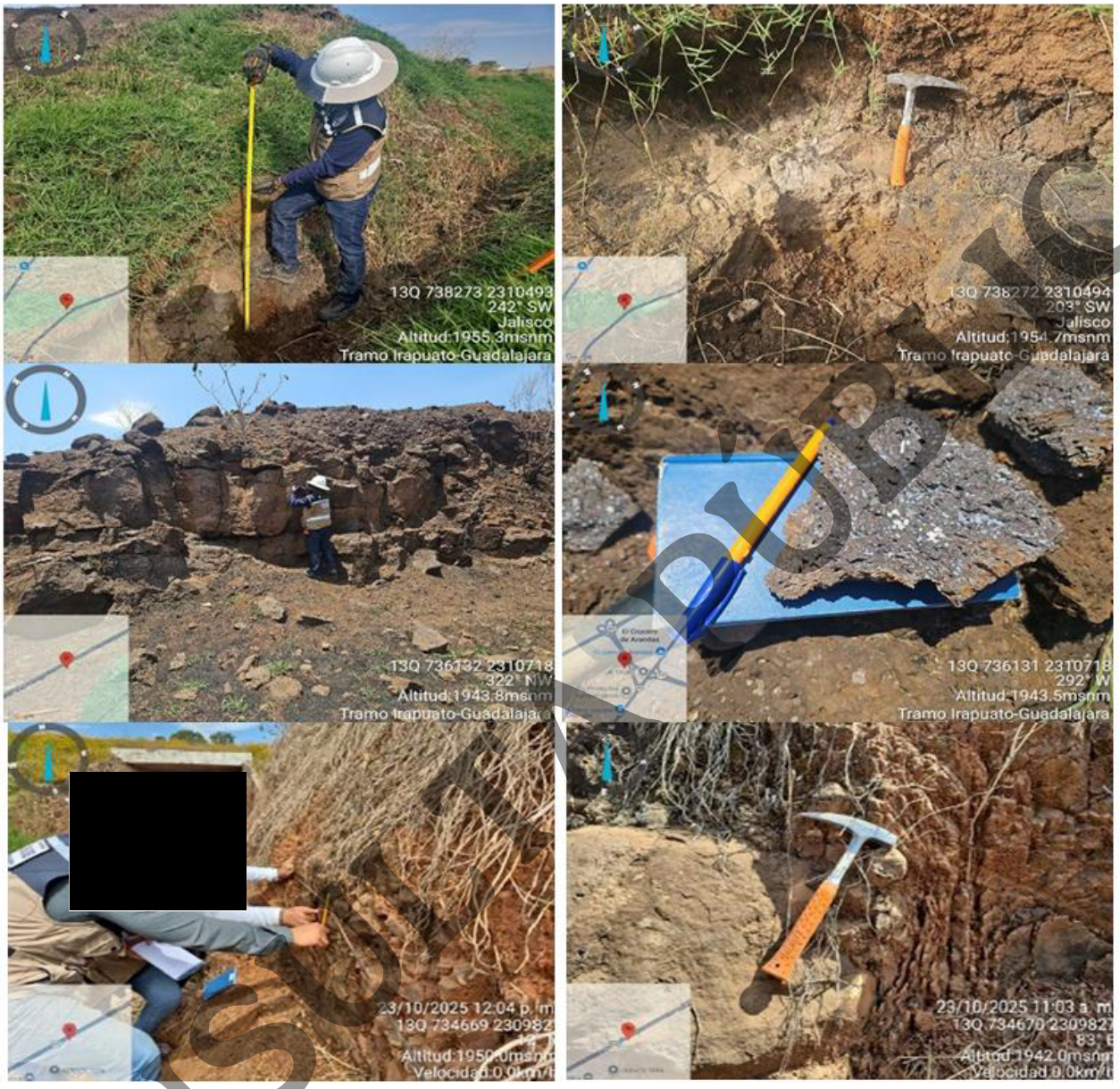


Figura III.70. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VI. TIG-PV-082, toba andesítica de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-048, roca basalto de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-049, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f). Elaboración propia.

Columna litológica

La Zona VI comprende aproximadamente 10.7 km del Tramo Irapuato - Guadalajara ferroviario, entre los PK 181+001 y 191+700. En este segmento aflora la unidad TmB-A, de edad Mioceno, constituida predominantemente por andesita, basalto y toba andesítica.

Las andesitas y los basaltos corresponden a rocas ígneas extrusivas originadas por el rápido enfriamiento y solidificación de flujos de lava emitidos durante erupciones volcánicas

CONSULTA PÚBLICA

de carácter efusivo. Por su parte, las tobas andesíticas se formaron durante una fase volcánica explosiva, a partir de la acumulación y consolidación de ceniza volcánica. La asociación de estas tres litologías sugiere la ocurrencia de al menos dos episodios eruptivos.

Una de carácter explosivo, que dio origen a los depósitos de tobas andesíticas; posteriormente, una fase efusiva generó los derrames de lava de composición andesítica-basáltica, cuya composición evolucionó de intermedia (andesítica) a máfica (basáltica). En general, las rocas presentan textura afanítica y colores grisáceos opacos en estado fresco, que varían a colores grises con matices rojizos intensos como resultado de los procesos de alteración. Tras un periodo de inactividad volcánica o no deposito se formó la unidad TplAr-TR, compuesta por tobas ácidas, que se integran de sedimentos detríticos y material piroclástico, presenta tonalidad marrón claro, coloración grisácea en estado intemperizado y granulometría predominantemente arcillosa.

En la cima de la columna se encuentran dos unidades más, ambas del Holoceno, la primera corresponde a la unidad Qhoal, conformada por depósitos aluviales constituidos por arcillas, limos y arenas transportados y acumulados por corrientes fluviales. Por otro lado, se encuentra la unidad Qhore, que corresponde a suelos residuales formados in situ por meteorización química y mecánica de rocas preexistentes, sin intervención de transporte.

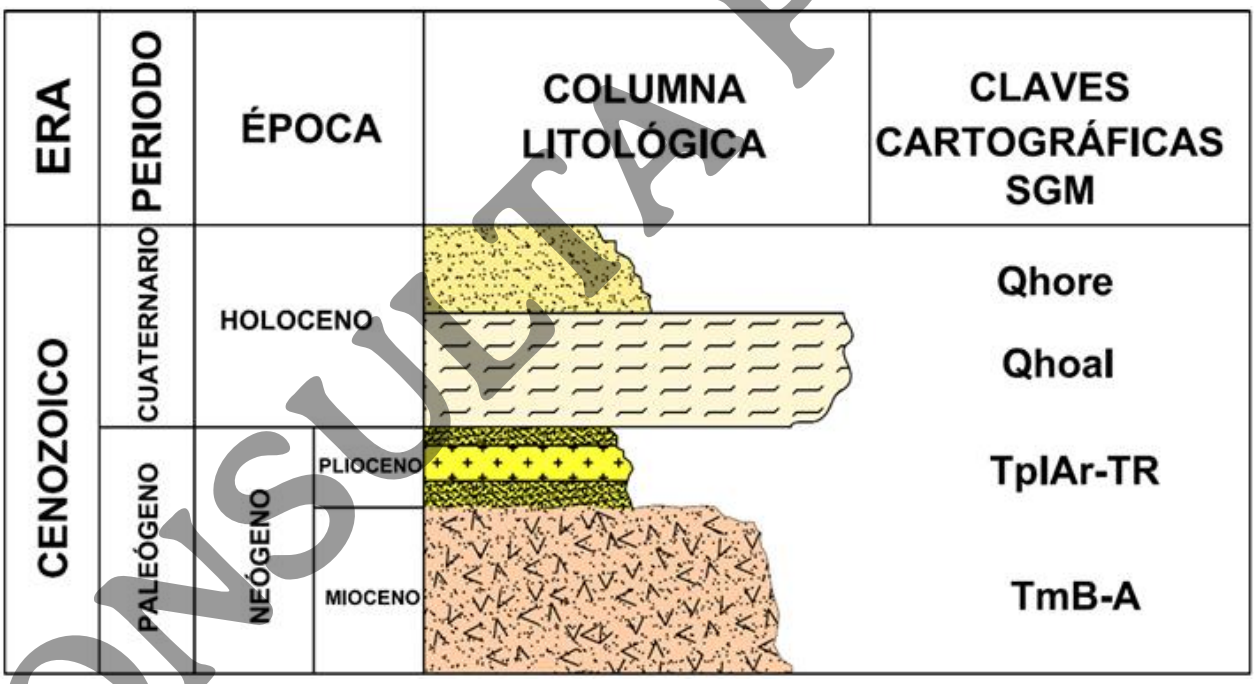


Figura III.71. Columna estratigráfica de la Zona Geológica VI. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis estructural

Dentro de la Zona VI se recabaron aproximadamente 12 datos estructurales, correspondientes principalmente a fracturas. Aunque en esta zona no se identificaron fallas que atraviesen o se localicen muy próximas al eje del Tramo Irapuato - Guadalajara; se reconoce la influencia del sistema de Fallas Los Altos, que se caracteriza por fallas normales, desarrolladas bajo un régimen tectónico extensional.

Como se muestra en la siguiente figura, el análisis estructural indica que la tendencia dominante es de dirección SW-NE con echado al NW concordante con el sistema de fallas Los Altos, mientras que una segunda familia de discontinuidades exhibe una orientación NW-W-SE-E con inclinaciones hacia el NNE, que podría estar relacionadas con el sistema rift Chapala.

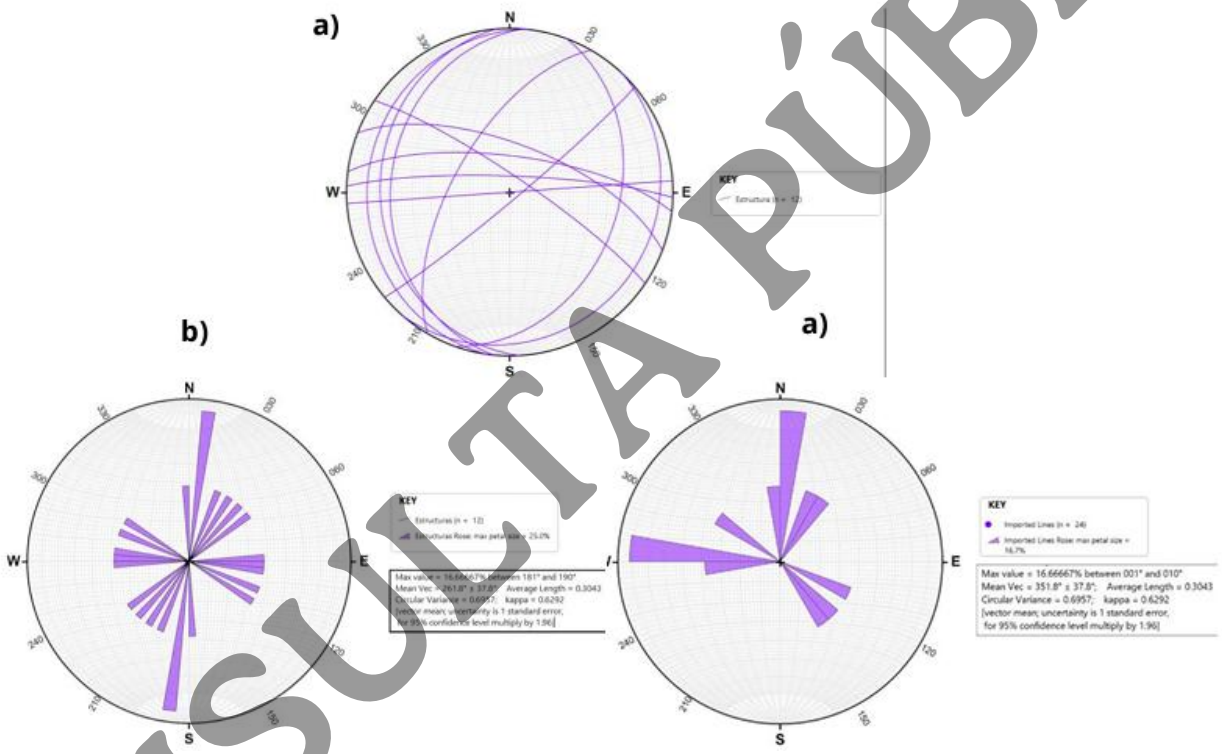


Figura III.72. Análisis estructural de la zona geológica VI; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **ZONA GEOLÓGICA VII**

La Zona VII inicia en el Pk 191+701 y finaliza en el Pk 253+000, con una longitud aproximada de 60.3 km., comprende desde el poblado de Santana de Abajo hasta la entrada a Tonalá, en el estado de Jalisco. La geología de esta zona se caracteriza por el predominio de unidades volcánicas, entre las que destacan andesitas y basaltos, en menor proporción, riolitas, tobas andesíticas y tobas riolíticas. Las unidades volcánicas se originaron a partir de erupciones volcánicas efusivas y explosivas, que dieron origen a coladas de lava (andesitas y basaltos) y depósitos piroclásticos (tobas andesíticas y riolíticas), respectivamente. Lo anterior, concuerda perfectamente con las topoformas dominantes: lomeríos y valles de ladera, típicas de paisajes volcánicos controlados por la tectónica regional (Fallas de Los Altos).

Descripción geomecánica

Tabla III.67. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VII (PK 191+701 – 253+000). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-050	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente Rugosa	77	72	II	Buena	Estable	Fracturada	7.80
TIG-EG-051	Andesita	TmB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	>5	Ligeramente Rugosa	85	80	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	3.02
TIG-EG-052	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	1 a 3	0.1 a 1.0	Rugosa	59	54	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	2.14
TIG-EG-053	Basalto	TmB-A	90-100	>2.00	1 a 3	>5	Muy Rugosa	82	77	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	3.17
TIG-EG-054	Andesita	TmB-A	50-75	0.6-2.0	3 a 10	>5	Ligeramente Rugosa	61	56	II	Buena	Estable	Fracturada	5.58
TIG-EG-055	Toba Riolítica	TmplTR	75-90	0.2-0.6	<1	1 a 5	Ligeramente Rugosa	69	64	II	Buena	Estable	Fracturada	3.35
TIG-EG-056	Toba Andesítica	TmB-A	<25	0.2-0.6	<1	>5	Ligeramente Rugosa	46	41	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	5.43
TIG-EG-057	Basalto	TmB-A	75-90	0.6-2.0	<1	0.1 a 1.0	Rugosa	70	65	II	Buena	Estable	Fracturada	2.23
TIG-EG-058	Riolita	TmR-TA	90-100	0.2-0.6	3 a 10	<0.10	Ligeramente Rugosa	67	62	II	Buena	Estable	Fracturada	1.37
TIG-EG-059	Andesita	TmB-A	75-90	0.6-2.0	3 a 10	1 a 5	Ligeramente Rugosa	72	67	II	Buena	Estable	Fracturada	2.36
TIG-EG-060	Basalto	TmB-A	50-75	0.2-0.6	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	72	67	II	Buena	Estable	Fracturada	2.05
TIG-EG-061	Andesita	TmB-A	75-90	0.6-2.02	<1	1 a 5	Ligeramente Rugosa	83	78	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	2.44
TIG-EG-062	Basalto	TplB-A	90-100	>2.00	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	87	82	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	0.92
TIG-EG-063	Toba Andesítica	TmR-TA	90-100	0.6-2.0	1 a 3	>5	Ligeramente Rugosa	83	78	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	2.33
TIG-EG-064	Basalto	TmB-A	75-90	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	2.25
TIG-EG-065	Basalto	TmB-A	75-90	0.2-0.6	1 a 3	<0.10	Ligeramente Rugosa	69	64	II	Buena	Estable	Fracturada	0.74
TIG-PV-104	Toba Andesítica	TmR-TA	50-75	0.06-0.20	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	3.15
TIG-EG-066	Basalto	TplB-A	50-75	0.2-0.6	<1	<0.10	Ligeramente Rugosa	69	64	II	Buena	Estable	Fracturada	3.88
TIG-EG-067	Andesita	TplB-A	90-100	0.2-0.6	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	2.45
TIG-EG-068	Basalto	TplB-A	75-90	0.2-0.6	<1	<0.10	Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	2.56
TIG-EG-069	Basalto	TplB-A	50-75	0.06-0.20	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente Rugosa	63	58	II	Buena	Estable	Fracturada	2.83

La Zona VII está conformada principalmente por macizos rocosos de basalto y andesita y, en menor proporción, por riolitas y depósitos piroclásticos constituidos por tobas andesíticas y tobas riolíticas. Asimismo, la zona presenta depósitos aluviales y suelos residuales. La amplia distribución de andesitas, basaltos y, en menor proporción, riolitas, materiales competentes con una calidad de roca buena, fracturada pero estable, clasificados dentro de la Clase II, confiere a la Zona VII condiciones geomecánicas favorables.

CONSULTA PÚBLICA



No obstante, también se presentan materiales de menor competencia, constituidos por tobas andesíticas y tobas riolíticas que, pese a su origen piroclástico, presentan una calidad de roca de regular a buena y condiciones de estabilidad de parcialmente estables a estables, debido a su buen grado de consolidación. Los sectores con calidad de roca mala son escasos y se localizan principalmente en los contactos litológicos entre materiales no consolidados, como los suelos residuales y los depósitos aluviales con las tobas riolíticas. Estas condiciones se ven influenciadas por el incremento en el nivel de riesgo asociado a los factores previamente descritos, además de los cambios en el relieve y la presencia de estructuras geológicas.

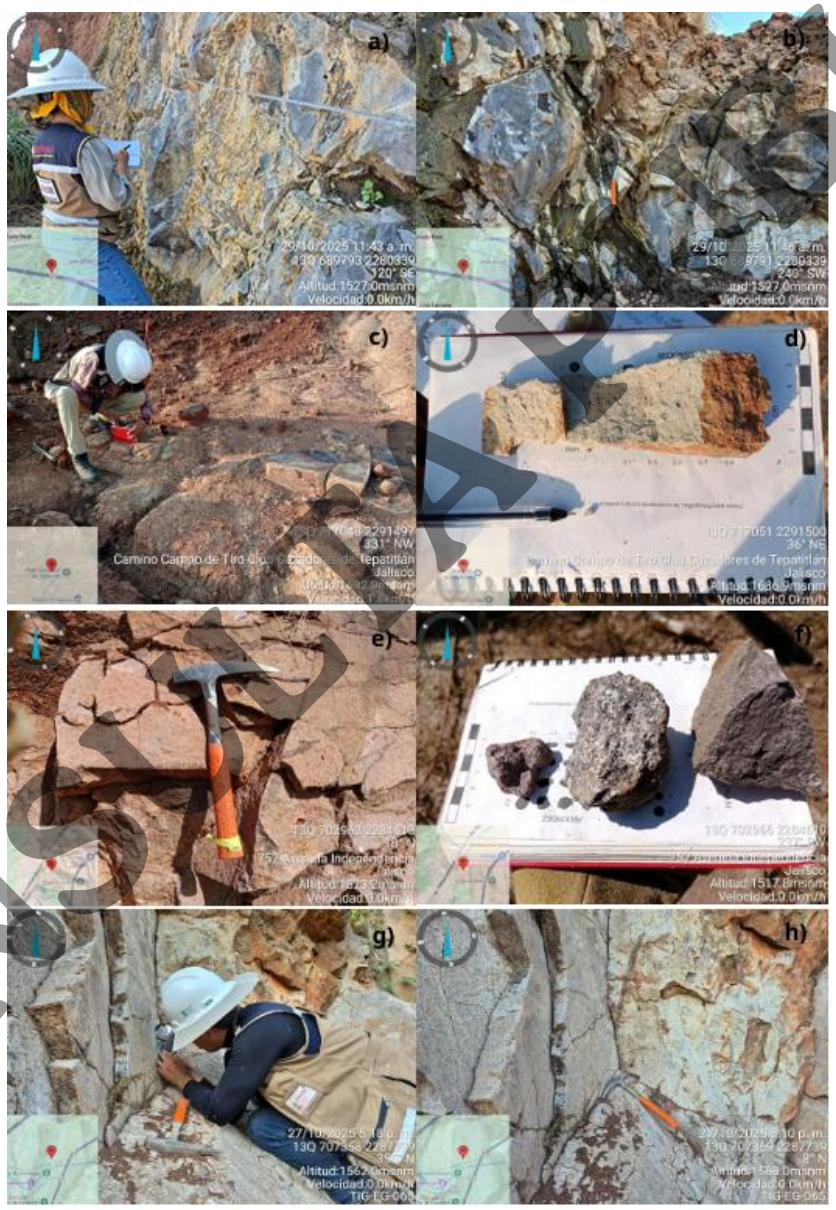


Figura III.73. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VII. TIG-EG-067, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-055, toba riolítica de la unidad TmplTR (c & d); TIG-EG-061, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f), riolita de la unidad TmR-TA (g & h). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Columna litológica

Dentro de los 61.3 km en los que se desarrolla la Zona VII, se presentan unidades del Neógeno y del Cuaternario; constituidas por rocas ígneas y sedimentarias. del primer grupo de rocas se tienen coladas volcánicas y depósitos piroclásticos, mientras que, el segundo grupo se exhibe material relativamente joven, conformado por suelos residuales y aluviales.

En la base se identifica la unidad TmB-A, formada durante el Mioceno, por rocas ígneas de composición que varía de máfica a intermedia (basalto, basalto-andesítico y andesita), con textura afanítica y coloración gris en diversas tonalidades, desde gris claro hasta gris oscuro dependiendo del grado de alteración de la roca. Posteriormente, se encuentra la unidad TmR-TA también del Mioceno, conformada por riolitas y tobas andesíticas.

La riolita, exhibe una coloración variable, yendo desde el gris claro, en zona inalterada, hasta beige en zona alterada. Mientras que, la toba andesítica exhibe una coloración grisácea, y una matriz microcristalina altamente compactada. La presencia de estas rocas sugiere la ocurrencia de por lo menos dos episodios eruptivos donde hubo un cambio en la composición del magma; el primero de carácter explosivo donde el magma de composición intermedia dio origen a los depósitos de toba andesítica, posteriormente ocurrió un segundo evento también de carácter explosivo que generaron los derrames de composición félsica (diferenciación magmática) dando origen a las coladas riolíticas.

Después de un periodo de inactividad volcánica o no depósito, se identifica la unidad TmplTR, la cual se originó desde finales del Mioceno hasta el cese del evento explosivo a principios del plioceno. Los depósitos piroclásticos de composición félsica, adquirieron posición subhorizontal, generando una estructura de pseudoestratificación.

La toba riolítica que presenta una coloración gris claro en muestra de mano sana y tonalidades marrón con matices rojizos en áreas intemperizadas. Posteriormente se depositó la unidad TplB-A, perteneciente al Plioceno, donde se encuentran coladas principalmente de basalto y, en menor proporción, andesita, indicando erupciones de tipo efusivas. El basalto se presenta de manera masiva, de textura afanítica y composición máfica, con una coloración gris oscuro en zona inalterada que cambia a un color marrón con tonalidades anaranjadas en zonas intemperizadas.

En tanto, la andesita presenta textura afanítica, composición intermedia y una coloración gris en zona inalterada que cambia a un color beige en zonas intemperizadas. Sobreyaciendo la unidad anterior se encuentra la unidad QptTR, del Pleistoceno. Se compone de toba riolítica que se originó por episodios eruptivos de tipo explosivo.

En campo, la toba se caracteriza por presentar pseudoestratificación, mostrando dos tipos de horizontes: unos compuestos únicamente de material fino, como cenizas; mientras que otros poseen materiales líticos, fragmentos pumiticos, vidrio volcánico, contenidos en una matriz areno - arcillosa. En la cima de la columna litológica, se encuentran depósitos aluviales (Qhoal) y suelos residuales (Qhore); ambos pertenecientes al Holoceno.

Estas dos unidades se componen de materiales relativamente jóvenes, los depósitos aluviales se conforman por partículas del tamaño de arcillas, limos y arenas, transportados por corrientes de agua, como ríos y depositados en llanuras aluviales (de inundación). Mientras

CONSULTA PÚBLICA



que, los suelos residuales surgen como resultado del proceso de meteorización química y mecánica de rocas preexistentes. A diferencia de los depósitos aluviales, los suelos residuales no sufren transporte.

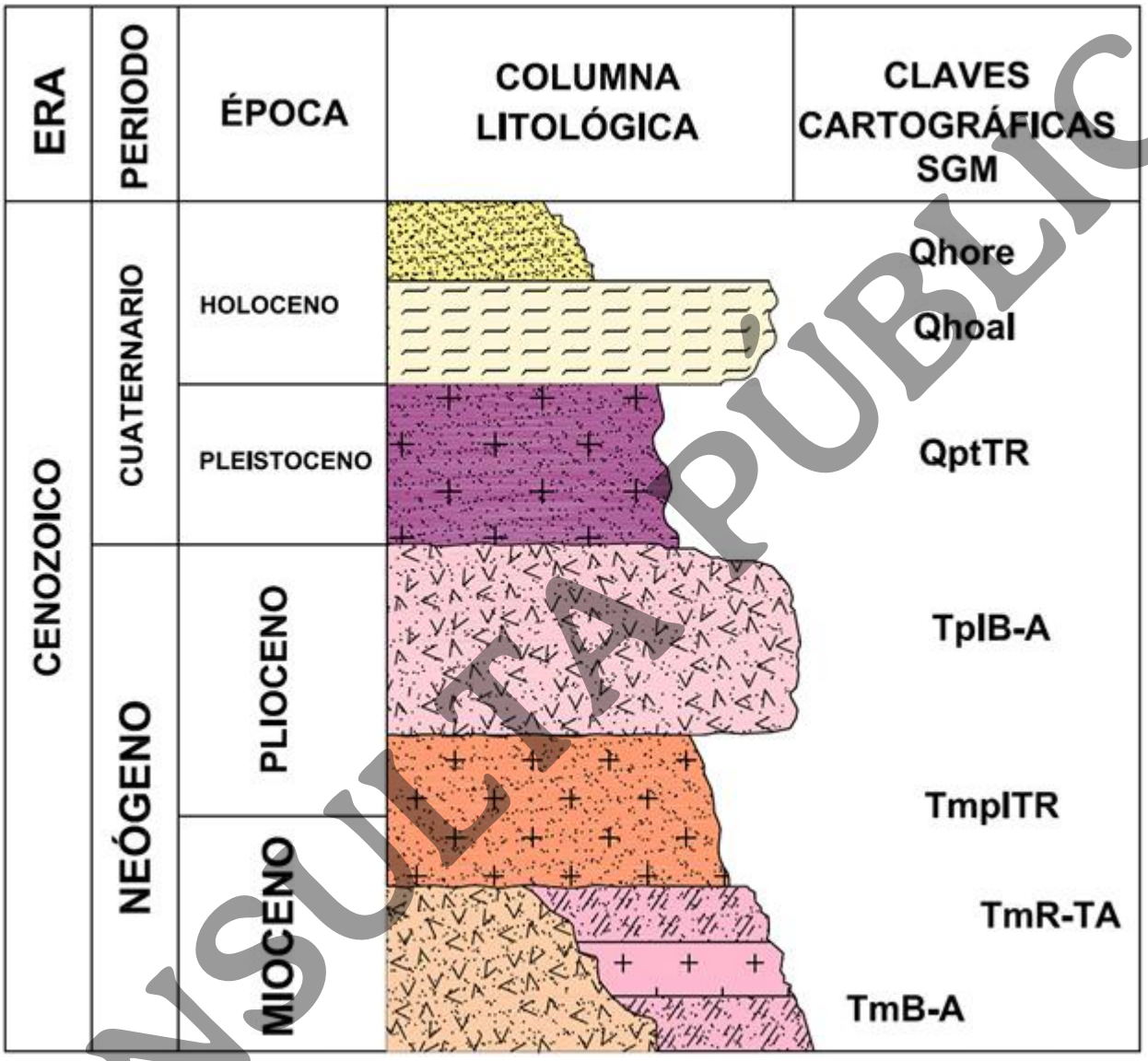


Figura III.74. Columna estratigráfica de la Zona Geológica VII. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis estructural

La zona geológica VII concentra fallas de tipo normal, así como fracturas asociadas que se interpretan como estructuras menores derivadas de la influencia de sistemas de fracturas regionales como el rift Tepic – Zacoalco y Los Altos. Durante la campaña de exploración geológica se logró colectar alrededor de 147 datos estructurales (planos de fallas normales y fracturas asociadas).

Con base en el análisis estructural (diagramas de rosetas) generados a partir de la proyección de los rumbos y echados de las estructuras, se determinó que los datos presentan una primera tendencia con rumbo SE-NW e inclinación (echado) hacia el SW, concordante con el rift Tepic - Zacoalco; seguida de una segunda familia con tendencia SW-NE y echado al NW que puede asociarse al sistema de fallas Los Altos de la misma dirección.

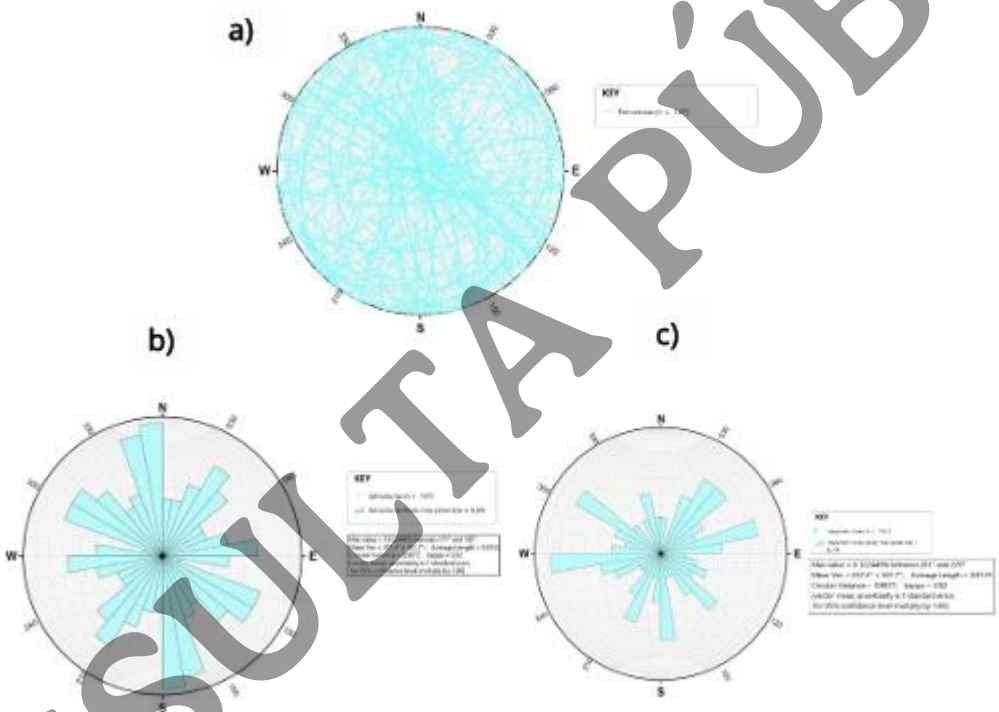


Figura III.75. Análisis estructural de la zona geológica VII; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **ZONA GEOLÓGICA VIII**

La Zona VIII inicia en el Pk 253+001 y finaliza en el Pk 284+730, con una longitud aproximada de 31.73 km. Esta zona se extiende desde la entrada a Tonalá y concluye a la salida de Zapopan, en el estado de Jalisco. Está constituida principalmente por dos unidades litológicas de origen ígneo. La unidad de mayor distribución corresponde a tobas riolíticas, formadas a partir de erupciones volcánicas explosivas. En menor proporción afloran coladas de lava compuestas por basaltos y andesitas, originadas durante episodios de vulcanismo efusivo.

La topoforma dominante se compone por lomeríos, el comportamiento geomecánico de la zona pertenece a clase IV que, según la clasificación RMR, se constituye de roca de mala calidad, es inestable y presenta una estructura fracturada/perturbada. Lo anterior se debe a la gran distribución que tienen los depósitos piroclásticos; sin embargo, en sectores donde se tiene presencia de roca andesita o basalto, la calidad de roca mejora pasando de mala a regular.

Descripción geomecánica

Tabla III.68. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VIII (PK 256+001 – 284+730). Elaboración propia.

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-070	Andesita	TplB-A	75-90	0.2-0.6	<1	<0.10	Lisa	59	54	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	1.62
TIG-EG-071	Andesita	TplB-A	50-75	0.2-0.6	1 a 3	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	64	59	II	Buena	Estable	Fracturada	1.55
TIG-PV-109	Toba Riolítica	QptTR	<25	0.06-0.20	>20	1 a 5	Rugosa	34	29	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	3.08
TIG-PV-110	Toba Riolítica	QptTR	<25	<0.06	<1	1 a 5	Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.16
TIG-EG-072	Andesita	TplB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	1 a 5	Ligeramente rugosa	42	37	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	1.65
TIG-EG-073	Basalto	TplB-A	75-90	0.06-0.20	1 a 3	0	Ligeramente rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	15.32
TIG-EG-077	Toba Riolítica	QptTR	<25	0.2-0.6	>20	>5	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	5.19
TIG-PV-119	Toba Riolítica	QptTR	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	28	23	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.47
TIG-PV-120	Toba Riolítica	QptTR	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	28	23	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	0.96
TIG-EG-078	Toba Riolítica	QptTR	<25	0.2-0.6	3 a 10	1 a 5	Rugosa	47	42	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	

Dentro de Zona VIII se encuentra la unidad QptTR, compuesta de una toba riolítica parcialmente consolidada de color gris claro. El comportamiento geomecánico del depósito se clasifica con calidad mala, inestable además de exhibir una estructura fracturada/perturbada. La unidad TplB-A está compuesta por al menos dos tipos de roca: andesita y basalto. La andesita exhibe tonalidades ligeramente rojizas.

Dentro del análisis geomecánico esta roca se considera de calidad regular, con una estructura muy fracturada y de estabilidad parcial. Mientras que, el basalto presenta una coloración gris oscuro. Con base en sus características geomecánicas, el macizo compuesto por esta roca se clasifica de buena calidad, estable y exhibe una estructura fracturada.

CONSULTA PÚBLICA



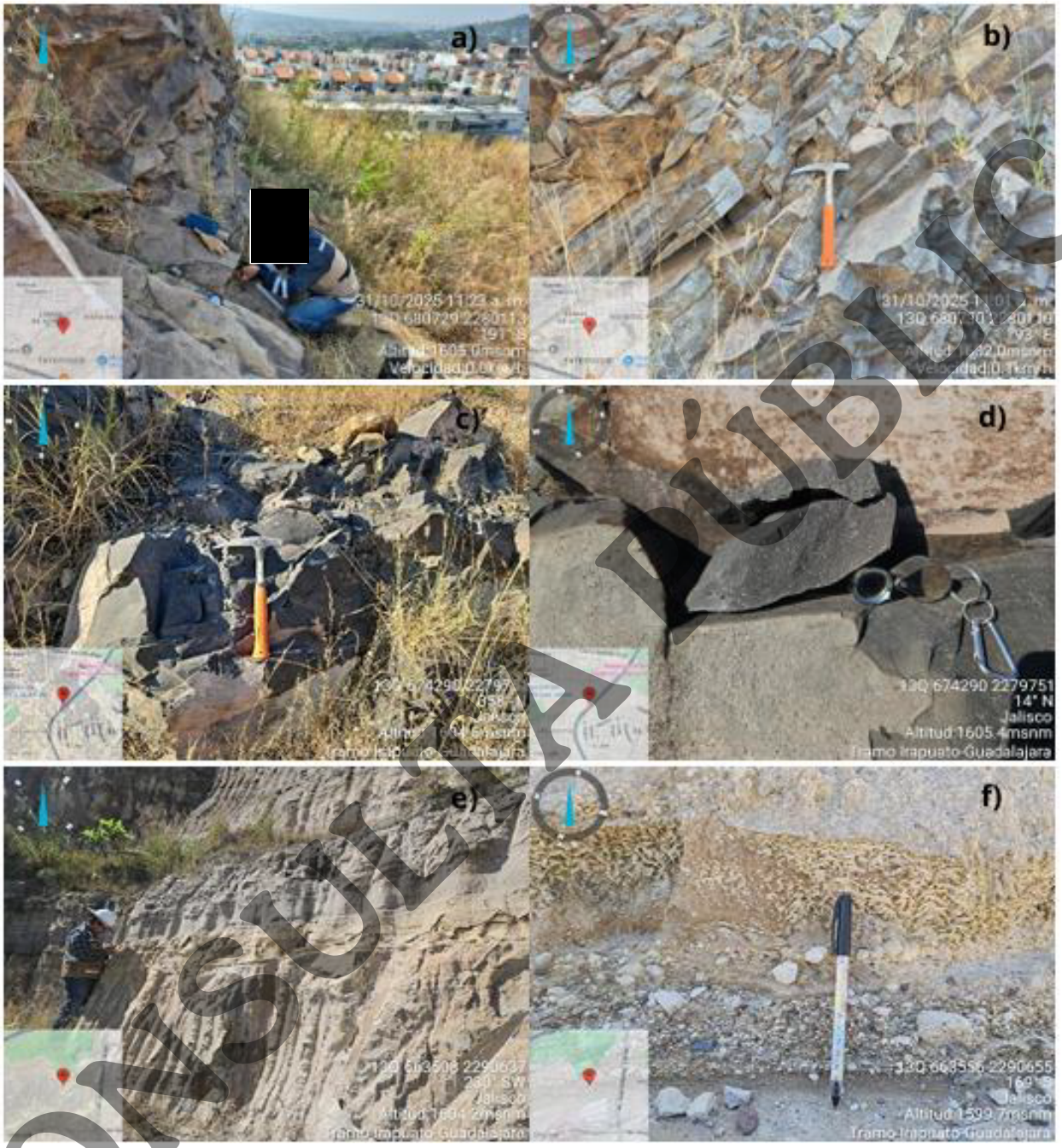


Figura III.76. Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VIII. TIG-EG-071, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-073, roca basalto de la unidad TplB-A (c & d); TIG-EG-077, toba riolítica de la unidad QptTR (e & f). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Columna litológica

La última zona geológica presenta una columna estratigráfica compuesta por cuatro unidades litológicas. En la base se identifica la unidad TplB-A, correspondiente al Plioceno, la cual está conformada por derrames o coladas de basalto, basalto andesítico y andesita.

Esta asociación litológica señala un cambio en la composición del magma, derivado de procesos de diferenciación magmática y nuevos aportes de magma, además, un estilo eruptivo predominantemente efusivo.

El basalto, de composición máfica, presenta una coloración gris oscuro en zonas sanas, que cambia a gris claro en áreas intemperizadas, presentando minerales como olivinos, piroxenos y plagioclasas; el basalto andesítico, de composición máfica a intermedia, exhibe tonalidades grisáceas que evolucionan a marrón rojizo en zonas intemperizadas, y se presenta de forma masiva y fracturada en bloques; finalmente, la andesita, de composición intermedia, muestra coloraciones gris claro en estado fresco, que cambian a tonos pardos con matices rojizos en zonas intemperizadas, presentando minerales como anfíboles y piroxenos. Después de un tiempo de inactividad volcánica, se encuentra las unidades QptTR y QptR, las cuales pertenecen al Pleistoceno.

La existencia conjunta de estas unidades sugiere un episodio volcánico compuesto por dos fases, la primera fase consistió en una erupción explosiva que genero flujos piroclásticos de composición riolítica, seguido por otra fase que dio lugar a la formación de domos riolíticos posterior a la explosión que generó la caldera La Primavera.

En la cima de la columna litológica se localiza la unidad Qhoal (Holoceno), integrada por depósitos aluviales no consolidados, conformados por gravas, arenas, limos y arcillas, originados mediante procesos de erosión, transporte y sedimentación.

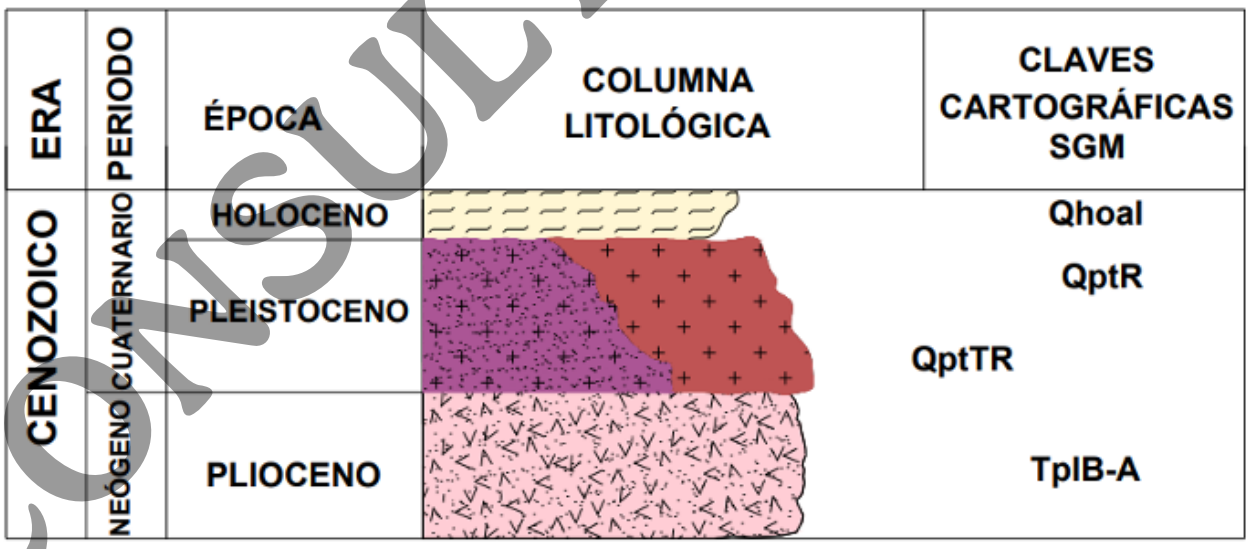


Figura III.77. Columna estratigráfica de la Zona Geológica VIII. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis estructural

Durante la campaña de exploración en campo no se registraron datos estructurales asociados a fallas en esta zona; sin embargo, sí se identificaron fracturas. Esta ausencia de evidencias de fallamiento puede atribuirse a que el área corresponde a la zona urbana de Guadalajara, donde la alta densidad poblacional, así como la presencia de construcciones y diversas actividades antropogénicas, dificultan la localización y adecuada observación de este tipo de estructuras geológicas.

No obstante, la Zona VIII se encuentra delimitada por estructuras regionales de gran importancia e influencia tectónica. Al sur se localizan el Graben de Chapala y el Graben de Colima; al norte se desarrolla el sistema de fallas de Los Altos; mientras que al noroeste se emplazan las estructuras asociadas al rift de Tepic-Zacoalco. En conjunto, estas estructuras forman parte del bloque de Jalisco. El análisis estereográfico de las fracturas tomadas en campo (70 datos) muestran una tendencia principal de rumbos con dirección SW-NE y echados hacia el NW, relacionada con la orientación de la Familia de Fallas de Los Altos.

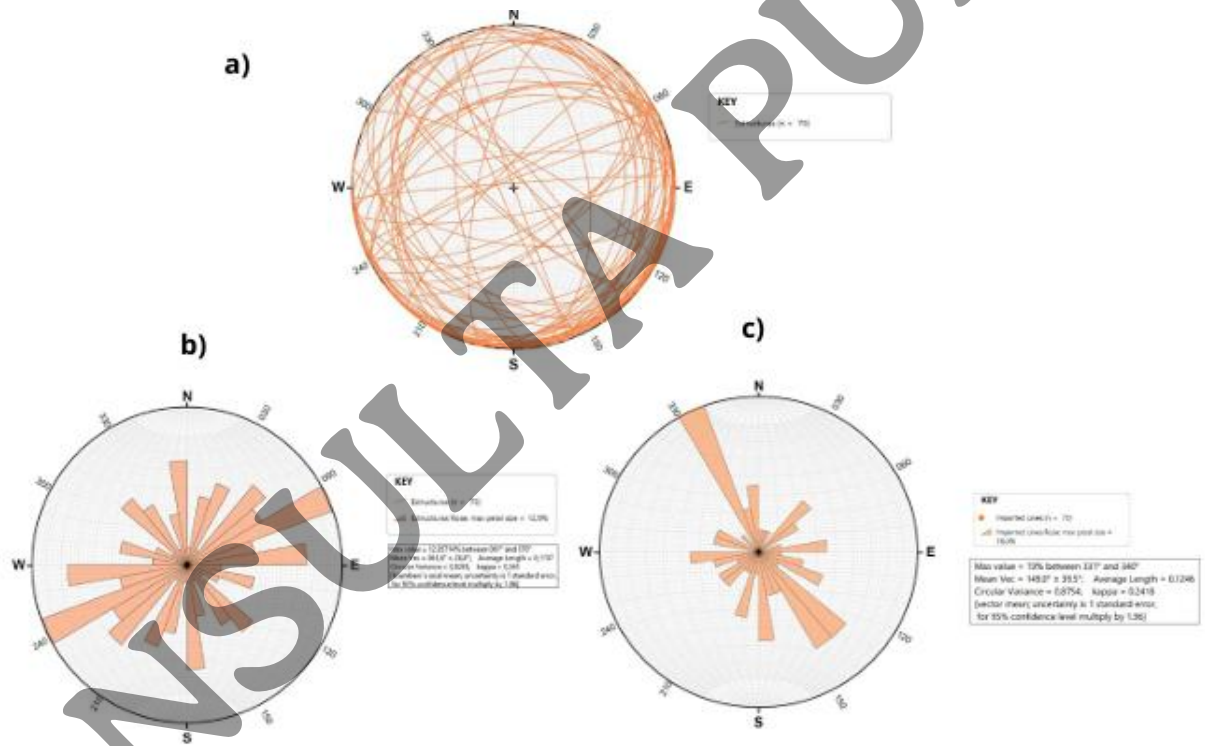


Figura III.78. Análisis estructural de la zona geológica VIII; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado. Elaboración propia.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.VI. Estudios de factibilidad ambiental> Informe Geológico.***

CONSULTA PÚBLICA



III.4. SUELO

III.4.1. Grupos edafológicos

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Conjunto Nacional de Información Edafológica, escala 1:250 000 Serie III.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó la incidencia en 17 tipos de suelo y 1 zona identificada como suelo cubierto con agua. De estas, el Phaeozem (PH) es el más representativo con una incidencia del 27.46 %, seguido del Vertisol (VR) con un 24.27 % y el Planosol (PL) con un 10.05 %. El resto de los tipos de suelo presenta incidencias menores al 10 %. A nivel de unidades edafológicas, se registró la incidencia de 447 de ellas sobre la RE, siendo la Tcek-ub de los Technosoles (TC) presentó la mayor incidencia con un 6.77 %, y el resto valores menores al 5 %.

Para el Área del Proyecto (AP), se registraron 7 tipos de suelo y 1 zona identificada como suelo cubierto con agua. De estos, el Vertisol (VR) fue el más representativo con un 53.60 %, el Phaeozem (PH) con un 13.56 % y el Planosol con un 12.95 %. El resto de los tipos de suelo presentó incidencias menores al 12 %. A nivel de unidades edafológicas, se registró la incidencia de 34 de ellas sobre el AP, siendo la de clave VRpdn-sk+VRlen+PLpdn/3 de los Vertisoles (TC) la que presentó la mayor incidencia con un 10.51 % seguida por los Technosoles de clave TCek-ub con un 10.47 %, mientras que el resto valores resultaron menores al 10 %.

Tabla III.69. Incidencia de los grupos edafológicos dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de suelo	Clave	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Acrisol	AC	136,118,970	0.69
Alisol	AL	260,194,713	1.32
Calcisol	CL	121,146,807	0.62
Cambisol	CM	165,139,327	0.84
Durisol	DU	980,923,281	4.99
Fluvisol	FL	150,003,468	0.76
Leptosol	LP	1,643,603,765	8.37
Lixisol	LX	664,135,638	3.38
Luvisol	LV	1,315,507,404	6.70
Phaeozem	PH	5,393,996,749	27.46
Planosol	PL	1,974,136,638	10.05
Plinthosol	PT	62,725,846	0.32
Regosol	RG	495,217,478	2.52
Solonetz	SN	11,794,948	0.06
Suelo cubierto por agua	SA	147,174,889	0.75
Technosol	TC	1,331,824,384	6.78
Umbrisol	UM	22,207,214	0.12
Vertisol	VR	4,766,337,585	24.27
Total		19,642,189,104	100.00

Tabla III.70. Incidencia de los grupos edafológicos dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de suelo	Clave	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Cambisol	CM	61,449	0.62
Fluvisol	FL	159,263	1.62
Luvisol	LV	696,598	7.08
Phaeozem	PH	1,333,972	13.56
Planosol	PL	1,273,916	12.95
Suelo cubierto por agua	SA	8,810	0.09
Technosol	TC	1,029,256	10.47
Vertisol	VR	5,271,208	53.60
Total		9,834,472	100

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.71. Incidencia de las unidades edafológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Acrisol	ACcr-sk+LVlen-skp+PHlv/2G	Media	22,786,080	0.12%
	ACha-cu+RGdy/2P	Media	12,860,643	0.07%
	(en blanco)	Media	100,472,247	0.51%
Alisol	ALlen-cr+CMlen-cr/2	Media	234,595,947	1.19%
	(en blanco)	Media	25,598,766	0.13%
Calcisol	CLptp-jc/3G	Fina	4,209,966	0.02%
	CLptp-lv+PHlv-ca+VRlep/2	Media	47,457,511	0.24%
	CLptp-sk+KSpcp-sk/3G	Fina	69,479,330	0.35%
Cambisol	CMlep-cr+LPskn/2P	Media	7,904,941	0.04%
	CMqv-ro+ACro-lo+RGdy/2P	Media	18,845,111	0.10%
	CMro-dy+LVlen-ct+PHvr/2	Media	77,923,716	0.40%
	CMsk-dy+PLpdp-eu+PHcr/2	Media	59,121,123	0.30%
	(en blanco)	Media	1,344,436	0.01%
Durisol	DUptn-lv+LVcr-ai/2	Media	89,119,587	0.45%
	DUptn-lv+PLlen-lo/2	Media	15,897,036	0.08%
	DUptn-lx+PHlen-lo/2P	Media	10,560,867	0.05%
	DUptn-oh+PHlen-skn/2P	Media	27,415,989	0.14%
	DUptn-vr+VRpdn-pe+PLlen/3	Fina	191,671,011	0.98%
	DUptp-lo/2G	Media	67,588,825	0.34%
	DUptp-oh+PHlep-sk/2P	Media	25,531,383	0.13%
	(en blanco)	Media	553,138,583	2.82%
Fluvisol	FLca-lo/2	Media	2,608,663	0.01%
	FLca-qs+PHlen-skn/2	Media	20,899,285	0.11%
	FLeu-lo/2	Media	2,439,284	0.01%
	FLeu-lo+PHlen-lv/2	Media	2,699,640	0.01%
	FLeu-lo+PHlen-pe/2	Media	5,755,099	0.03%
	FLeu-lo+VRlen-pe/2	Media	17,688,854	0.09%
	FLeu-lo+VRpe-lo+PHskp/2P	Media	8,436,100	0.04%
	FLeu-lo+VRpe-mz/2	Media	5,282,670	0.03%
	FLeu-oh/2	Media	5,054,435	0.03%
	FLlen-hu+PHlen-lv/2P	Media	7,719,670	0.04%
	FLskn-go+PHfv-ar/1	Gruesa	44,137,642	0.22%
	FLst-sk+PHskn-ce+RGlen/3G	Fina	13,355,262	0.07%
	(en blanco)	Media	13,926,864	0.07%
Leptosol	LPeu-oh/1	Gruesa	90,648,763	0.46%
	LPeu-oh+PHlep/2G	Media	21,413,744	0.11%
	LPhu-lo+PHlen-cr/2	Media	15,526,787	0.08%
	LPhu-lo+PHlep-cr/2	Media	5,988,796	0.03%
	LPli/2P	Media	25,673,970	0.13%
	LPli-eu+VRpe-mz/3P	Fina	8,079,582	0.04%
	LPli-sk+LPmo-lo/2G	Media	21,817,117	0.11%
	LPmo-hu+LVlen-lo/2	Media	5,362,466	0.03%
	LPmo-hu+PHdu-lv/2P	Media	5,378,445	0.03%
	LPmo-hu+PHlen-cr/2	Media	7,354,737	0.04%
	LPmo-hu+PHlen-cr/2P	Media	25,980,410	0.13%
	LPmo-hu+PHlen-lv/2	Media	9,923,325	0.05%
	LPmo-hu+VRlep-mz/2P	Media	3,199,282	0.02%
	LPmo-hu+VRlep-pe/3P	Fina	12,078,632	0.06%
	LPmo-hu+VRmz-pdp/2P	Media	36,079,741	0.18%
	LPmo-hu+VRskp-mz+PHlen/2P	Media	12,996,114	0.07%
	LPmo-lo/2	Media	2,611,527	0.01%
	LPmo-lo+RGlep-sk/2	Media	2,193,694	0.01%
	LPmo-lo+RGlep-sk/2G	Media	294,828,950	1.50%
	LPmo-qv+PHlen-lo/2P	Media	72,065,277	0.37%
	LPrz-hu+PHlen-lo/2P	Media	8,781,703	0.04%
	LPrz-hu+RGeu-lo/2P	Media	31,524,505	0.16%
	LPrz-lo+CLlep/2P	Media	1,362,332	0.01%
	LPrz-lo+PHlep-vr/2	Media	28,502,709	0.15%
	LPsk-eu+PHlv-lo/2	Media	4,206,494	0.02%
	LPsk-mo/2	Media	201,853,855	1.03%
	LPsk-mo/3	Fina	3,095,459	0.02%
	LPsk-mo+PHha-lo/2P	Media	3,774,063	0.02%
	LPsk-mo+PHlen-hu/2P	Media	26,978,173	0.14%
	LPsk-mo+PHlen-lv/2P	Media	60,279,682	0.31%
	LPsk-mo+PHlen-skn/2P	Media	40,149,914	0.20%
	LPsk-mo+PHlep-cr/2	Media	2,262,895	0.01%
	LPsk-mo+PHlep-cr/2G	Media	39,804,786	0.20%
	LPsk-mo+PHlep-lv/2P	Media	12,033,154	0.06%
	LPsk-mo+PHlep-lv+PLlv/2	Media	4,813,210	0.02%
	LPsk-mo+PHlv-ph/2P	Media	8,502,994	0.04%
	LPsk-mo+PLlep-lv/2	Media	6,864,487	0.03%
	LPsm-lo+VRlen-pe+PHlen/2P	Media	246,901	0.00%
	(en blanco)	Fina	13,271,866	0.07%
	(en blanco)	Gruesa	67,723,873	0.34%
	(en blanco)	Media	398,369,351	2.03%
Lixisol	LXap-len+PHlep-sk/2P	Media	2,059,406	0.01%

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
	LXap-len+RGlep-sk/2P	Media	130,597,128	0.66%
	LXap-lep/2P	Media	763,913	0.00%
	LXap-oh+PHskp+LPha/2G	Media	37,313,489	0.19%
	LXcr-oh+LVcr-ct/2	Media	21,589,702	0.11%
	LXcr-oh+PHha+LPli/3G	Fina	23,875,072	0.12%
	LXcr-oh+PHph-cr/2	Media	9,744,543	0.05%
	LXcr-oh+PLpdn+LPha/2	Media	11,396,649	0.06%
	LXha-hu+VRha+PHcr/3	Fina	86,134,331	0.44%
	LXha-oh/2	Media	2,460,434	0.01%
	LXlen-hu+VRlen/2	Media	13,666,975	0.07%
	LXlen-oh+PHlen/2	Media	3,873,740	0.02%
	LXlen-ro+PHwc-qs/3G	Fina	87,048,154	0.44%
	LXlep-hu+PHha/3	Fina	33,977,307	0.17%
	LXlep-hu+PHlep-lv/3	Fina	7,039,595	0.04%
	LXlep-sk+VRlen-pe/2P	Media	7,154,267	0.04%
	(en blanco)	Fina	166,607,147	0.85%
	(en blanco)	Media	18,833,786	0.10%
	LVap-fr/2	Media	11,217,806	0.06%
	LVap-len+VRha-mz+PHlo/2	Media	7,465,363	0.04%
	LVap-lep/2P	Media	43,492,529	0.22%
	LVcr-ce+PHlep-vr+VRlep/3P	Fina	512,292	0.00%
	LVcr-ct+PHlv-cr/2	Media	20,491,607	0.10%
	LVcr-hu+PHha-lo+LPsk/2G	Media	27,553,713	0.14%
	LVcr-oh+PHlep-lv+LPha/2P	Media	124,543,139	0.63%
	LVcr-sk+PHlep-hu+LPeu/2G	Media	161,493,701	0.82%
	LVfr-cr/2	Media	38,445,551	0.20%
	LVha-lo+VRlen-pe/2	Media	5,718,008	0.03%
	LVha-oh+PHap-cr/2G	Media	103,202,137	0.53%
	LVlen-hu+LVap-ct+VRhu/3	Fina	46,133,860	0.23%
	LVlen-hu+PHlep-lv/2	Media	24,142,185	0.12%
	LVlen-hu+VRlep/2	Media	2,352,911	0.01%
	LVlen-lo/2P	Media	2,654,324	0.01%
	LVlen-sk+LPsk-mo+PHlep/2G	Media	1,776	0.00%
	LVlen-skp+PHskp+LPha/2G	Media	97,607,833	0.50%
	LVlen-son+PLlv-lo/2	Media	11,400,229	0.06%
	LVlen-vr+VRlep-pe/2P	Media	1,859,362	0.01%
	LVlep-cr+PHlv-ai+VRha/2	Media	81,685,666	0.42%
	LVlep-oh+PHhu-lo/2	Media	16,779,661	0.09%
	LVlep-sk+PHlep-lv+LPmo/2G	Media	5,124,589	0.03%
	LVlep-sk+VRlep-sk+PHlep/2P	Media	9,007,255	0.05%
	LVlep-vr+LPjk-hu/2	Media	867,756	0.00%
	LVro-ai+UMlv-lo+VRdy/2	Media	462,049,544	2.35%
	LVsk-ai+PHlv-lo/2	Media	1,396,433	0.01%
	LVsk-ai+PHlv-lo+CMeu/2	Media	4,349,825	0.02%
	(en blanco)	Media	3,958,349	0.02%
Phaeozem	PHha-ai/3	Fina	142,869,873	0.73%
	PHha-ai+CMeu/3	Fina	85,829,017	0.44%
	PHha-cr+LVcr/2	Media	31,781,095	0.16%
	PHha-cr+PHap-lv/2	Media	1,512,457	0.01%
	PHha-cr+PHph-cr+PHvr/2	Media	143,580,675	0.73%
	PHha-cr+RGeu-lo+VRlen/2	Media	17,587,585	0.09%
	PHha-cr+VRcr/2	Media	108,926,440	0.55%
	PHha-cr+VRcr/3	Fina	65,593,016	0.33%
	PHha-lo+FLsk-eu/2	Media	4,007,253	0.02%
	PHha-lo+LVlen-sk+LPha/2G	Media	13,253,352	0.07%
	PHha-lo+LVvr-ll/2G	Media	103,097,328	0.52%
	PHha-lo+PLeu/2	Media	14,888,717	0.08%
	PHha-lo+RGeu/2	Media	32,973,443	0.17%
	PHha-lo+RGlep-eu+PLeu/2	Media	10,245,534	0.05%
	PHha-lv+LVcr-skp/2G	Media	101,998,195	0.52%
	PHha-qs+PHsi+RGeu/2	Media	11,596,754	0.06%
	PHlen-lo+PLlx-ca/2	Media	18,767,100	0.10%
	PHlen-lo+VRlen-pe/2	Media	1,053,498	0.01%
	PHlen-lo+VRlep-pe/2	Media	8,638,492	0.04%
	PHlen-lo+VRpe-mz/2P	Media	4,002,069	0.02%
	PHlen-lv/2G	Media	11,128,390	0.06%
	PHlen-lv/3P	Fina	56,666,055	0.29%
	PHlen-lv+LPmo/2	Media	17,362,853	0.09%
	PHlen-lv+LPmo/2G	Media	2,827,399	0.01%
	PHlen-lv+LPsk-mo/2P	Media	2,079,831	0.01%
	PHlen-lv+LPsk-mo+PLlv/2P	Media	1,379,250	0.01%
	PHlen-lv+PHmo-hu+LPli/2	Media	3,286,555	0.02%
	PHlen-lv+PLlv-lo+DUptn/2P	Media	48,022,167	0.24%
	PHlen-lv+PLpdp-lv/2	Media	3,449,290	0.02%
	PHlen-lv+RGeu-lo/2	Media	6,447,461	0.03%
	PHlen-lv+VRmz-skp+PLlv/2P	Media	10,572,881	0.05%
	PHlen-lv+VRpe/2P	Media	8,921,467	0.05%
	PHlen-qs+LPha/2G	Media	36,195,273	0.18%

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
	PHlen-qs+LVlep/2G	Media	4,397,859	0.02%
	PHlen-qs+LVlep+LPha/2G	Media	54,066,469	0.28%
	PHlen-qs+LVlep+RGeu/2	Media	69,450,584	0.35%
	PHlen-sk+LPeu/2G	Media	114,381,293	0.58%
	PHlen-sk+LPmo/2G	Media	8,700,994	0.04%
	PHlen-sk+LPmo-sk/2G	Media	37,176,248	0.19%
	PHlen-sk+LVlen-sk+LPha/2G	Media	189,430	0.00%
	PHlen-sk+LVlen-vr+VRlen/3G	Fina	103,264,947	0.53%
	PHlen-sk+PHcr-skp+RGeu/2G	Media	17,763,484	0.09%
	PHlen-sk+VRlen-mz/2G	Media	32,662,609	0.17%
	PHlen-sk+VRlen-pe+PLlx/2P	Media	7,698,034	0.04%
	PHlen-skn+DUptn/2P	Media	10,798,460	0.05%
	PHlen-vr/2P	Media	147,784,636	0.75%
	PHlen-vr+LVlen-eu/3	Fina	25,555,870	0.13%
	PHlen-vr+VRlen-pe/3	Fina	36,958,531	0.19%
	PHlep-ce/2P	Media	6,752,303	0.03%
	PHlep-cm+CMlep-sk/2P	Media	43,772,027	0.22%
	PHlep-cm+LPli/2	Media	51,251,780	0.26%
	PHlep-cr/2G	Media	9,518,286	0.05%
	PHlep-cr/2P	Media	10,718,844	0.05%
	PHlep-cr+LVcr+LPha/2G	Media	35,285,117	0.18%
	PHlep-hu+LPeu+RGlep/2G	Media	3,928,313	0.02%
	PHlep-hu+RGlep-eu/2G	Media	60,176,549	0.31%
	PHlep-hu+VRlep-hu+DUptn/2	Media	43,376,273	0.22%
	PHlep-lo/2G	Media	46,599,216	0.24%
	PHlep-lo/2P	Media	50,372,834	0.26%
	PHlep-lo+LPha/2	Media	5,905,274	0.03%
	PHlep-lo+LPli-jk/2	Media	32,268,345	0.16%
	PHlep-lo+LPmo-hu/2P	Media	40,771	0.00%
	PHlep-lo+LPrz-hu/2	Media	23,493,564	0.12%
	PHlep-lo+LVlep-hu+LPha/2	Media	4,670,354	0.02%
	PHlep-lo+PLlen-lv/2	Media	11,860,117	0.06%
	PHlep-lo+VRha+LPli/2	Media	44,367,006	0.23%
	PHlep-lo+VRlep-hu+LPha/2G	Media	16,454,599	0.08%
	PHlep-lo+VRlep-lo/2P	Media	4,083,076	0.02%
	PHlep-lo+VRlep-pe/2	Media	12,549,393	0.06%
	PHlep-lo+VRlep-sk+LPsk/2G	Media	6,060,413	0.03%
	PHlep-lo+VRpe-mz/2P	Media	9,569,412	0.05%
	PHlep-lv/2G	Media	50,577,885	0.26%
	PHlep-lv/2P	Media	4,704,807	0.02%
	PHlep-lv+LPmo/2	Media	62,127,321	0.32%
	PHlep-lv+LPmo-hu/2G	Media	29,856,172	0.15%
	PHlep-lv+LPsk-mo+PLlv/2	Media	14,632,273	0.07%
	PHlep-lv+LVha-lo/2G	Media	118,905,577	0.61%
	PHlep-lv+LVha-lo/2P	Media	2,102,827	0.01%
	PHlep-lv+VRpe/2	Media	149,161	0.00%
	PHlep-lv+VRpe-len/2	Media	12,028,111	0.06%
	PHlep-lv+VRpe-mz/2G	Media	10,291,021	0.05%
	PHlep-sk/1G	Gruesa	702,255	0.00%
	PHlep-sk/2G	Media	27,533,026	0.14%
	PHlep-sk/2P	Media	257,504,050	1.31%
	PHlep-sk/3P	Fina	89,835,477	0.46%
	PHlep-sk+CMcr-lo/2G	Media	4,207,659	0.02%
	PHlep-sk+DUptn/2P	Media	4,398,075	0.02%
	PHlep-sk+LPeu/2G	Media	168,585,070	0.86%
	PHlep-sk+LPeu+RGeu/2G	Media	3,885,167	0.02%
	PHlep-sk+LPha+VRlep/2G	Media	23,061,060	0.12%
	PHlep-sk+LPli/2G	Media	6,956,020	0.04%
	PHlep-sk+LPli+VRpe/2G	Media	224,184,982	1.14%
	PHlep-sk+LPli-oh/2G	Media	41,543,564	0.21%
	PHlep-sk+LPsk-mo/2P	Media	81,234,013	0.41%
	PHlep-sk+LXlep-hu/2G	Media	6,729,273	0.03%
	PHlep-sk+LXro-hu+PHcr/3G	Fina	302,974,625	1.54%
	PHlep-sk+PHcr/2G	Media	5,092,211	0.03%
	PHlep-sk+RGlen/2	Media	1,002,793	0.01%
	PHlep-sk+RGlep-eu/2G	Media	99,028,347	0.50%
	PHlep-sk+RGlep-sk/2P	Media	26,516,865	0.13%
	PHlep-sk+VRlep-ca/3P	Fina	16,131,056	0.08%
	PHlep-sk+VRlep-hu+LPha/2G	Media	11,298,326	0.06%
	PHlep-sk+VRlep-sk/2G	Media	4,852,239	0.02%
	PHlep-sk+VRlep-sk/3P	Fina	19,588,747	0.10%
	PHlep-sk+VRlep-sk+LPmo/3P	Fina	1,204,555	0.01%
	PHlep-sk+VRpe/2G	Media	7,099,339	0.04%
	PHlep-vr/3G	Fina	11,306,370	0.06%
	PHlep-vr/3P	Fina	6,658,427	0.03%
	PHlep-vr+LPmo/2G	Media	26,252,384	0.13%
	PHlep-vr+LPsk-mo/2P	Media	34,369,107	0.17%
	PHlep-vr+VRlep-pe/3	Fina	6,588,201	0.03%

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
	PHlep-vr+VRlep-pe/3P	Fina	14,535,102	0.07%
	PHlv-ap+LPli/2P	Media	924,488	0.00%
	PHlv-ca+VRlep-hu+PLlep/2	Media	56,800,160	0.29%
	PHlv-lo/2	Media	6,813,720	0.03%
	PHlv-lo+LPmo/2G	Media	2,646,502	0.01%
	PHlv-lo+VRlen-pe/2	Media	16,477,749	0.08%
	PHlv-ph+LPmo-hu/2G	Media	15,188,754	0.08%
	PHlv-ph+LVlep-hu+PLvr/2	Media	14,837,447	0.08%
	PHpdn-ab+PHha/3	Fina	58,174,286	0.30%
	PHpdn-lo+PLlx-ca+VRlen/2	Media	7,132,269	0.04%
	PHpdn-lo+RGeu/2	Media	49,702,637	0.25%
	PHpdn-lv/2G	Media	82,919,744	0.42%
	PHpdn-lv+VRlep-pe/2	Media	6,288,093	0.03%
	PHpdn-skp/2	Media	28,268,502	0.14%
	PHpdn-wc+PLpd-eu/2	Media	33,060,526	0.17%
	PHpdp-ab+PHlv+RGskp/2G	Media	11,032,102	0.06%
	PHpdp-lo+LXcr/2G	Media	23,798,281	0.12%
	PHpdp-lv/2P	Media	23,586,870	0.12%
	PHpdp-wc+PLlen-lv/2	Media	15,363,588	0.08%
	PHsi-pdp+PHlv-lo/2P	Media	23,277,530	0.12%
	PHskn-lo+LXeu+RGlen/2	Media	11,087,502	0.06%
	PHskn-lo+VRlen-skp/2G	Media	21,214,756	0.11%
	PHskp-cr+VRlen-skp+LPha/2	Media	9,292,472	0.05%
	PHskp-lo+VRpe+RGskp/2G	Media	20	0.00%
	PHskp-qs+LVlen+LPha/2G	Media	28,655,817	0.15%
	PHskp-ro+LVcr-skp/2G	Media	7,107,391	0.04%
	PHvr-ce+LVvr-cr/3	Fina	2,602,130	0.01%
	PHvr-ce+PLlen-vr/3	Fina	4,876,067	0.02%
	PHvr-ce+PLlep-vr/3	Fina	1,218,877	0.01%
	PHvr-ce+VRlen-pe+PLlen/3	Fina	40,636,327	0.21%
	PHvr-lo+PLlen-pe/2	Media	10,783,520	0.05%
	PHvr-ph+LVlen-sk+LPha/3G	Fina	11,436,826	0.06%
	PHvr-sk+VRlen-pe+PLlen/3P	Fina	40,869,163	0.21%
	PHvr-skp+VRlen-skp/3G	Fina	4,892,950	0.02%
	PHvr-skp+VRlep-sk+LPha/3G	Fina	78,208,590	0.40%
	(en blanco)	Fina	19,193,376	0.10%
	(en blanco)	Media	450,930,098	2.30%
Planosol	PLal-pdn+VRpdn-pe/2	Media	4,166,264	0.02%
	PLlen-ab+VRlen-pe/3	Fina	3,528,865	0.02%
	PLlen-ab+VRso-len/2	Media	91,588,393	0.47%
	PLlen-eu+VRpe/2	Media	3,352,540	0.02%
	PLlen-eu+VRpe-mz/2	Media	14,377,979	0.07%
	PLlen-mo+PHlen-lv/2G	Media	101,450,313	0.52%
	PLlen-mo+VRqs-pe+PHlv/2	Media	31,466,019	0.16%
	PLlen-vr+PHlen-lv/2	Media	40,206,585	0.20%
	PLlen-vr+VRlen-mz/2	Media	7,994,576	0.04%
	PLlen-vr+VRlen-mz+LPjk/2	Media	65,061,615	0.33%
	PLlen-vr+VRlen-pe+PHvr/2	Media	25,916,446	0.13%
	PLlep-lv/2P	Media	125,130,747	0.64%
	PLlep-lv+LPsk-mo/2	Media	1,684,408	0.01%
	PLlep-lv+PHlen-lo/2P	Media	5,796,793	0.03%
	PLlep-mo+VRha-gl/3	Fina	122,429,059	0.62%
	PLlep-vr+PHlv/2	Media	86,365,517	0.44%
	PLlep-vr+VRpe-mz/3	Fina	23,206,537	0.12%
	PLlv-eu+PHlen-lo/2	Media	60,983,146	0.31%
	PLlv-lo/2	Media	17,415,492	0.09%
	PLlv-lo+DUptn/2	Media	26,089,207	0.13%
	PLlv-lo+DUptn-lx/2P	Media	6,041,558	0.03%
	PLlv-lo+DUptp/2	Media	6,559,448	0.03%
	PLlv-lo+FLsk-eu/2	Media	6,079,588	0.03%
	PLlv-lo+PHlen-hu+VRpe/2	Media	4,515,693	0.02%
	PLlv-lo+PHlen-lo/2P	Media	5,033,706	0.03%
	PLlv-lo+PHlen-lv/2	Media	14,582,097	0.07%
	PLlv-lo+PHlep-lo/2	Media	46,513,524	0.24%
	PLlv-lo+PHlv-pf/2	Media	96,245,430	0.49%
	PLlv-lo+PHlv-pf/2P	Media	3,355,566	0.02%
	PLlv-lo+PHskp-len/2P	Media	5,065,828	0.03%
	PLlv-lo+VRlen-pe/2	Media	13,626,289	0.07%
	PLlv-lo+VRskp-mz+PHfl/2P	Media	216,460,821	1.10%
	PLlv-oh+VRpe-mz/2	Media	15,875,256	0.08%
	PLlv-pdn+PHlen-lv/2	Media	20,510,629	0.10%
	PLlv-pdn+VRmz-pdn/3	Fina	191,948,109	0.98%
	PLlv-pdp+VRqs-pdn/3	Fina	63,639,692	0.32%
	PLlv-pdp+VRqs-pe/2	Media	16,204,790	0.08%
	PLlx-lo+VRlen-pe/2	Media	15,537,061	0.08%
	PLmo-ab/2	Media	169,263,355	0.86%
	PLmo-pdp+VRlen-pe/2	Media	89,655,847	0.46%
	PLmo-vr+LXcr-ll+LXha/3	Fina	14,090,394	0.07%

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
	PLmo-vr+VRmz-ms/2	Media	43,910,109	0.22%
	PLpdn-lo+PHlen-lo+LPsk/2P	Media	4,021,875	0.02%
	PLpdp-ab+LPrz-hu/2P	Media	10,927,011	0.06%
	PLpdp-eu+PHcr-lv+VRgl/2	Media	6,896,010	0.04%
	PLvr-al+LXcr/3	Fina	7,659,621	0.04%
	PLvr-pdn+PLlv-pdn/2	Media	17,573,594	0.09%
	PLvr-sl+VRpe-mz/3	Fina	4,133,236	0.02%
Plinthosol	PTst-ap+LVap-len+CMcr/2	Media	62,725,846	0.32%
Regosol	RGlen-oh/1P	Gruesa	70,655,177	0.36%
	RGlen-sk+PHskn/2	Media	18,220,469	0.09%
	RGlep-cr+LPmo-hu/2	Media	1,107,810	0.01%
	RGlep-eu+CMcr-oh+LPha/2	Media	5,182,006	0.03%
	RGlep-lo/2P	Media	11,552,143	0.06%
	RGlep-lo+CMlep-hu+LVlep/2P	Media	113,806,689	0.58%
	RGlep-lo+LPeu-lo/2	Media	1,844,681	0.01%
	RGlep-oh/2P	Media	4,734,671	0.02%
	RGlep-sk/2G	Media	2,111,516	0.01%
	RGlep-sk+AClep-sk+LPli/3	Fina	73,195	0.00%
	RGlep-sk+CMlep-sk+LPli/2P	Media	39,143,211	0.20%
	RGlep-sk+LPcm-skp/2	Media	4,817,558	0.02%
	RGlep-sk+LPsk-mo/2P	Media	29,065,747	0.15%
	RGlep-sk+PHlen-lo+LPmo/2P	Media	47,404,440	0.24%
	RGlep-sk+PHsk-lo/2P	Media	11,699,487	0.06%
	RGqs-oh+PHlen-lo/2	Media	104,841,045	0.53%
	RGqs-oh+VRha-lo+LPoh/2	Media	21,570,782	0.11%
	(en blanco)	Media	7,386,851	0.04%
Solonetz	SNap-len+VRpdn-pe+PLlx/2	Media	11,794,948	0.06%
Suelo cubierto por agua	SA	No aplicable	147,174,889	0.75%
Technosol	TCek-ub	No aplicable	1,329,854,602	6.77%
	TCek-ub+PHlv-cr/2	Media	1,101,299	0.01%
	TCsq	No aplicable	868,483	0.00%
Umbrisol	UMlep-cm+RGsk-go/2	Media	22,207,214	0.11%
Vertisol	VRcc-pe/3	Fina	10,934,461	0.06%
	VRcc-pe+VRha-mz/3	Fina	181,933,618	0.93%
	VRcr-hu+LXpf-ap+PHcr/3	Fina	265,535,232	1.35%
	VRcr-mo+PHlep-lv+LPmo/2G	Media	111,509,576	0.57%
	VRcr-mz/3	Fina	60,344,110	0.31%
	VRgr-pf+VRmz-pf/3	Fina	29,282,008	0.15%
	VRha-mz+PHlen-sk/3	Fina	10,403,870	0.05%
	VRha-mz+PLlen-mo/3	Fina	13,154,692	0.07%
	VRha-mz+VRlen/3	Fina	33,543,957	0.17%
	VRha-mz+VRlep-ce+LPha/3	Fina	15,027,014	0.08%
	VRlen-cc+CHcc-len/3	Fina	9,017,021	0.05%
	VRlen-mz+LVvr-qs/3	Fina	48,194,216	0.25%
	VRlen-mz+LVvr-sk/3G	Fina	52,446,541	0.27%
	VRlen-mz+PHcr/3	Fina	23,287,856	0.12%
	VRlen-mz+PHlen+VRlen/3	Fina	35,692,481	0.18%
	VRlen-mz+VRpdn-mz/3	Fina	5,927,098	0.03%
	VRlen-pe/3P	Fina	18,925,008	0.10%
	VRlen-pe+CHlen-vr/3	Fina	10,286,458	0.05%
	VRlen-pe+LPmo-hu/3P	Fina	9,700,961	0.05%
	VRlen-pe+LVvr/3G	Fina	5,840,582	0.03%
	VRlen-pe+PHlen-lo/3G	Fina	2,841,290	0.01%
	VRlen-pe+PHlen-vr/3	Fina	27,299,432	0.14%
	VRlen-pe+PHlen-vr/3P	Fina	33,194,724	0.17%
	VRlen-pe+PLab-na/3	Fina	5,976,649	0.03%
	VRlen-pe+RGlen-hu/3P	Fina	28,798,764	0.15%
	VRlen-qs+PHlen-vr/2P	Media	111,512,313	0.57%
	VRlen-skp+LPha/3	Fina	10,712,112	0.05%
	VRlen-skp+LPmo-hu/3	Fina	8,639,732	0.04%
	VRlen-skp+LPsk-hu/3P	Fina	25,151,807	0.13%
	VRlen-skp+LVlen-hu+PHlep/3	Fina	22,579,962	0.11%
	VRlen-skp+PHlen-vr/3P	Fina	13,541,617	0.07%
	VRlen-wc+PLlen-eu+VRha/3	Fina	82,123,830	0.42%
	VRlep-cc+LPsk-rz/3P	Fina	63,298,928	0.32%
	VRlep-ha/3P	Fina	26,067,651	0.13%
	VRlep-mz+PLlep-mo+PHlv/3	Fina	12,411,969	0.06%
	VRlep-pe/3P	Fina	53,486,384	0.27%
	VRlep-pe+LPsk-qv/3P	Fina	60,167,423	0.31%
	VRlep-pe+PHlen-lo/3P	Fina	34,535,452	0.18%
	VRlep-pe+PHlep/3P	Fina	11,450,854	0.06%
	VRlep-pe+PHlep-sk/3P	Fina	21,534,977	0.11%
	VRlep-pe+PHlep-sk+LPli/3	Fina	22,005,698	0.11%
	VRlep-pe+PHlep-vr/3P	Fina	11,337,021	0.06%
	VRlep-pe+PHlep-vr+LPsk/3P	Fina	48,843,305	0.25%
	VRlep-pe+PLlen-lo/3	Fina	5,410,271	0.03%
	VRlep-pe+PLlen-lv/3	Fina	7,793,358	0.04%
	VRlep-pe+PLlv-lo/3P	Fina	21,697,272	0.11%

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
	VRlep-pe+RGlen-hu/3	Fina	7,614,836	0.04%
	VRlep-pe+RGlep-sk+LPsk/3P	Fina	21,434,111	0.11%
	VRlep-sk/3G	Fina	5,418,277	0.03%
	VRlep-sk/3P	Fina	29,002,571	0.15%
	VRlep-sk+LPsk/3P	Fina	2,328,605	0.01%
	VRlep-sk+LPsk-qv/3P	Fina	35,525,982	0.18%
	VRlep-sk+PHlep-sk/3P	Fina	52,765,334	0.27%
	VRlep-sk+PHlep-vr/3P	Fina	43,502,250	0.22%
	VRlep-sk+PHlep-vr+LPsk/3P	Fina	17,165,561	0.09%
	VRlep-sk+PHlep-vr+LVlep/3	Fina	22,038,527	0.11%
	VRlep-sk+PHlep-vr+LVlep/3P	Fina	3,319,998	0.02%
	VRmz-pe/3	Fina	25,766,806	0.13%
	VRpcp-pe+CLptp-sk/3	Fina	20,965,651	0.11%
	VRpcp-pe+PHpcp/3P	Fina	7,104,428	0.04%
	VRpcp-sk+PHpcp-vr+CLptp/3P	Fina	20,278,269	0.10%
	VRpdn-hu+PHlen-hu+PLlen/3	Fina	22,287,077	0.11%
	VRpdn-mz+LXlep-hu/3	Fina	4,679,746	0.02%
	VRpdn-mz+PHdu/3	Fina	83,377,958	0.42%
	VRpdn-pe/3G	Fina	38,435,795	0.20%
	VRpdn-pe+PLab/3	Fina	186,326,270	0.95%
	VRpdn-pe+PLlv-lo+PHlen/3	Fina	61,728,228	0.31%
	VRpdn-pe+RGlv-hu/3	Fina	4,457,204	0.02%
	VRpdn-pe+RGlv-hu+PLlen/3	Fina	38,779,077	0.20%
	VRpdn-sk+VRlen+PLpdn/3	Fina	156,900,391	0.80%
	VRpdn-skp/3	Fina	7,880,898	0.04%
	VRpdp-hu+PHlen-hu+PLlen/3	Fina	9,652,008	0.05%
	VRpdp-lv+LPsk-mo/3	Fina	4,726,745	0.02%
	VRpdp-pe+PHpdp-vr/3	Fina	15,914,171	0.08%
	VRpdp-pe+PLlen-lo/3	Fina	29,907,527	0.15%
	VRpdp-pe+PLlv-lo/3	Fina	10,454,544	0.05%
	VRpdp-pe+PLlx-ca/3	Fina	12,582,444	0.06%
	VRpdp-pe+PLpdp-hu/3	Fina	89,634,377	0.46%
	VRpdp-pe+PLpdp-hu+PHpdp/3	Fina	63,708,847	0.32%
	VRpe-ai/3	Fina	11,581,335	0.06%
	VRpe-ai+CHvr/3	Fina	18,430,312	0.09%
	VRpe-ai+LVvr-can/3	Fina	198,841,833	1.01%
	VRpe-ai+RGeu-ce/3	Fina	185,432,345	0.94%
	VRpe-ca/3	Fina	7,670,047	0.04%
	VRpe-cr+LVcr-lo+PHcr/2	Media	223,293,672	1.14%
	VRpe-gl/3	Fina	10,915,807	0.06%
	VRpe-gl+PHgl-vr/3	Fina	17,503,763	0.09%
	VRpe-hu/3	Fina	55,725,686	0.28%
	VRpe-je/3	Fina	30,586,129	0.16%
	VRpe-mz/3	Fina	83,334,222	0.42%
	VRpe-mz+CHvr/3	Fina	128,153,591	0.65%
	VRpe-mz+PHlen-lo/3P	Fina	30,139,314	0.15%
	VRpe-mz+PHlep-sk/3	Fina	27,221,710	0.14%
	VRpe-mz+PHlv-lo/3P	Fina	12,569,201	0.06%
	VRpe-mz+PHvr+PLab/3	Fina	17,283,115	0.09%
	VRpe-mz+VRlen-qs/3P	Fina	18,719,446	0.10%
	VRpe-mz+VRpe/3	Fina	515,056	0.00%
	VRpe-pdn+VRmz-cr/3	Fina	447,304,537	2.28%
	VRpe-skn/3P	Fina	23,750,899	0.12%
	VRpe-wc+VRmz-eu/3	Fina	3,012,049	0.02%
	VRsk-pe+RGlen-sk/3P	Fina	4,526,473	0.02%
	VRso-cc/3	Fina	12,994,437	0.07%
	VRso-pe/3	Fina	87,841,110	0.45%
	VRso-pe+LVvr-oh/3	Fina	126,775,981	0.65%
	VRwc-qs+PLab/3	Fina	20,780,033	0.11%
	(en blanco)	Fina	82,371,414	0.42%
Total			**19,642,189,104**	**100.00%**

Tabla III.72. Incidencia de las unidades edafológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m2)	Superficie de incidencia (%)
Cambisol	CMsk-dy+PLpdp-eu+PHcr/2	Media	61,449	0.62
Fluvisol	FLskn-go+PHfv-ar/1	Gruesa	159,263	1.62
Luvisol	LVcr-oh+PHlep-lv+LPha/2P	Media	57,029	0.58
	LVro-ai+UMlv-lo+VRdy/2	Media	639,569	6.50
Phaeozem	PHha-ai/3	Fina	433,064	4.40
	PHlen-sk+VRlen-mz/2G	Media	42,346	0.43
	PHlen-vr+VRlen-pe/3	Fina	205,121	2.09
	PHlep-lv+LPmo-hu/2G	Media	277,381	2.82
	PHlep-sk+LPli+VRpe/2G	Media	268,204	2.73

CONSULTA PÚBLICA



Tipo de suelo	Clave	Textura del suelo	Superficie de incidencia (m2)	Superficie de incidencia (%)
	PHpdp-ab+PHlv+RGskp/2G	Media	107,856	1.10
Planosol	PLlen-mo+VRqs-pe+PHlv/2	Media	308,240	3.13
	PLlep-mo+VRha-gl/3	Fina	230,111	2.34
	PLlv-pdn+VRmz-pdn/3	Fina	527,906	5.37
	PLvr-pdn+PLlv-pdn/2	Media	207,658	2.11
Suelo cubierto por agua	SA	No aplicable	8,810	0.09
Technosol	TCek-ub	No aplicable	1,029,256	10.47
Vertisol	VRcr-mo+PHlep-lv+LPmo/2G	Media	276,221	2.81
	VRcr-mz/3	Fina	284,708	2.90
	VRlen-mz+LVvr-sk/3G	Fina	140,548	1.43
	VRlen-mz+PHlen+VRlen/3	Fina	422,231	4.29
	VRlen-skp+LPmo-hu/3	Fina	20,489	0.21
	VRlep-pe/3	Fina	54,543	0.55
	VRlep-pe/3P	Fina	39,608	0.40
	VRlep-pe+LPsk-qv/3P	Fina	374,883	3.81
	VRpdn-pe+PLab/3	Fina	456,792	4.64
	VRpdn-sk+VRlen+PLpdn/3	Fina	1,033,562	10.51
	VRpe-ai+CHvr/3	Fina	161,135	1.64
	VRpe-ai+RGeu-ce/3	Fina	256,421	2.61
	VRpe-cr+LVcr-lo+PHcr/2	Media	927,967	9.44
	VRpe-je/3	Fina	126,837	1.29
	VRpe-mz/3	Fina	108,505	1.10
	VRpe-mz+CHvr/3	Fina	425,877	4.33
	VRso-cc/3	Fina	104,268	1.06
	VRso-pe/3	Fina	56,616	0.58
Total			9,834,472	100.00

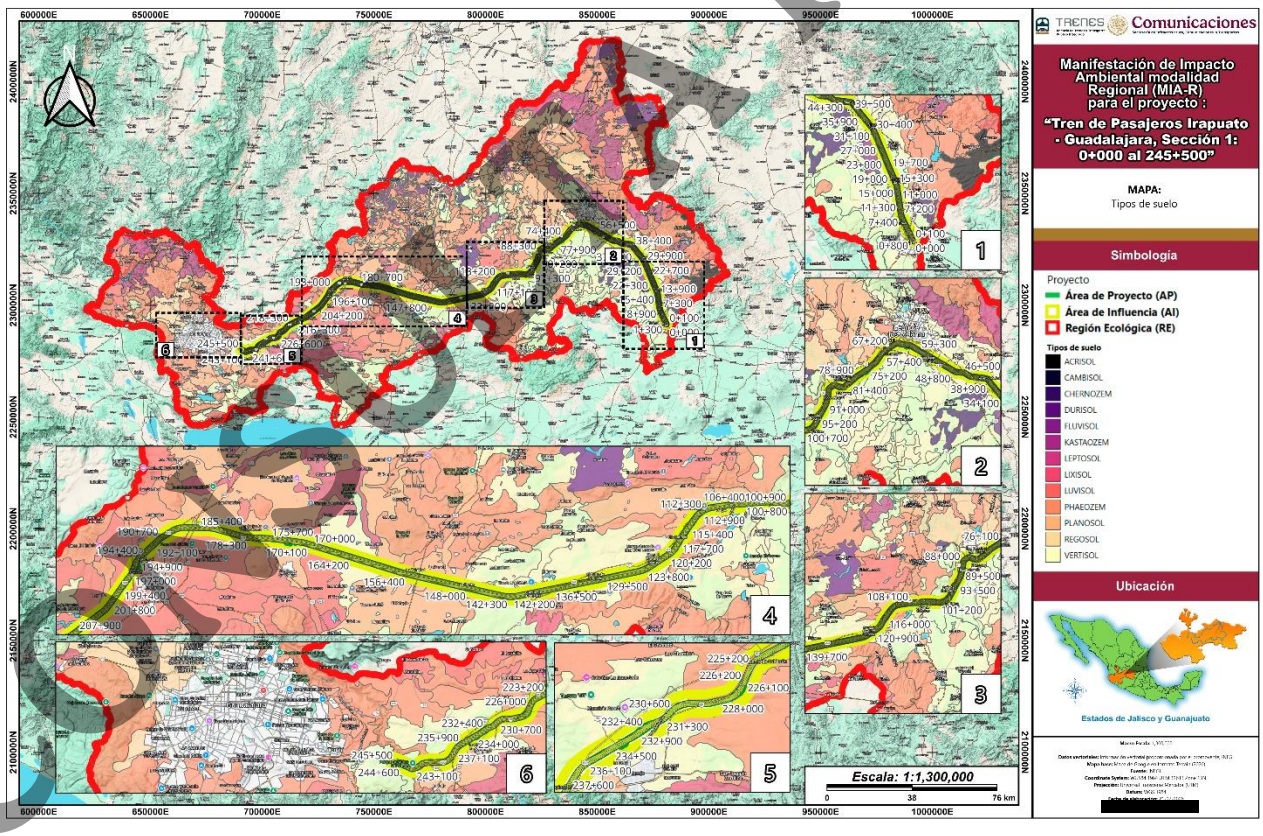


Figura III.79. Incidencia de los tipos de suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de suelo presentes e incidentes dentro de la RE y el AP conforme al Diccionario de Datos Edafológicos Escala 1:250,000 versión 3.

- **Acrisol (AC)**

Suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos; tienen en determinadas profundidades baja saturación con bases y arcillas de baja actividad. Del latín acris: agrio, ácido; y solum: suelo. Literalmente, suelo ácido. Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas muy lluviosas como las sierras orientales de Oaxaca, llanura costera veracruzana, sierra lacandona y Altos de Chiapas. En condiciones naturales tienen vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, muy ácidos y pobres en nutrientes. En México se usan en la agricultura con rendimientos muy bajos, salvo los frutales tropicales como cacao, café o pina, en cuyo caso se obtienen rendimientos de medios a altos; también se usan en la ganadería con pastos inducidos o cultivados; sin embargo, el uso más adecuado para la conservación de estos suelos es el forestal. Son moderadamente susceptibles a la erosión y su símbolo en la carta es (A).

- **Alisol (AL)**

Suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos; tienen baja saturación con bases a ciertas profundidades y arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico. Los Alisoles son suelos tóxicos por su alto contenido de aluminio, pobres en calcio, magnesio y potasio; tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en la capa superior del suelo, como resultado de procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcilla) que conducen a la formación de un subhorizonte árgico. Se producen en regiones de clima húmedo tropical subtropical y regiones templadas húmedas. Los Alisoles predominan en topografía montañosa u ondulada. Como consecuencia, muchos Alisoles sólo permiten cultivos de raíces poco profundas y éstos sufren de estrés por la sequía. Un porcentaje significativo de Alisoles son improductivos para una amplia variedad de cultivos.

- **Calcisol (CL)**

Suelos que presenta una acumulación secundaria sustancial de calcáreo y/o una capa cementada con ($CaCO_3$) mayor de 10 cm de espesor, dentro de los primeros 100 cm de profundidad del suelo. Suelos con más del 15% de carbonato de calcio en por lo menos una capa de 15 cm de espesor, pueden presentar una capa cementada (petrocálcico). Muchos cultivos en Calcisoles tienen éxito si son fertilizados con nitrógeno, fósforo, hierro y zinc. Es uno de los grupos de suelo más extendidos en el país. Están situados principalmente en zonas áridas de origen sedimentario (calizas y lutitas-areniscas) en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí, irrigados, drenados (para prevenir la salinización) y fertilizados, pueden ser altamente productivos bajo una amplia variedad de cultivos.

CONSULTA PÚBLICA





- **Cambisol (CM)**

Suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla de carbonato.

Del latín cambiare: cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Su símbolo es (B).

- **Durisol (DU)**

Suelos con sílice secundaria endurecida dentro de los primeros 100 cm de la superficie del suelo. Suelos con acumulación aluvial o coluvial de sílice, en México presentan una capa endurecida conocida regionalmente como 'tepetate'. Son muy susceptibles a la erosión hídrica. Algunas veces están afectados por sales y normalmente impiden el paso de las raíces después del medio metro de profundidad. Su distribución está en los Altos de Jalisco, las llanuras Tarahumara y de Ojuelos, así como en zonas erosionadas del estado de México y Tlaxcala. El uso más frecuente de estos suelos es el aprovechamiento de pastizales naturales o inducidos y eventualmente la agricultura de temporal.

- **Fluvisol (FL)**

Suelo joven desarrollado en depósitos aluviales, lacustres y marinos. Del latín fluvius: río. Literalmente, suelo de río. Se caracterizan por estarformados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Se encuentran en todos los climas y regiones de México cercanos siempre a lechos de los ríos. Los ahuehuetes, ceibas y sauces son especies típicas que se desarrollan sobre estos suelos. Los Fluvisóles presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos. Sus usos y rendimientos dependen de la subunidad de Fluvisol que se trate. Los más apreciados en la agricultura son los Fluvisoles mólicos y calcáricos por tener mayor disponibilidad de nutrientes a las plantas. El símbolo para representarlos dentro de la carta edafológica es (J).

- **Leptosol (LP)**

Suelo muy somero sobre roca continua y/o extremadamente gravillosos y/o pedregoso. Del griego leptos, delgado. Anteriormente están incluidos en el grupo de los Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente como la sierra La Giganta, Del Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. También son abundantes en la Mixteca Alta Oaxaqueña, el Carso Huasteco, al pie de la Sierra Madre Occidental y en todos los sistemas de cañones. Un caso particular son los extensos

CONSULTA PÚBLICA





afloramientos calizos encontrados en la Península de Yucatán. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero.

- **Lixisol (LX)**

Suelo que tiene mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial, tiene alta saturación con bases y arcillas de baja actividad.

Del latín lixivia, sustancias lavadas. Suelos con arcillas de baja actividad que son fuertemente susceptibles a la erosión por deforestación. Requieren aplicación continua de fertilizantes cuando son destinados a la actividad agrícola. Los Lixisoles se encuentran en regiones cálidas templadas, tropicales y subtropicales, estacionalmente secas. Dichas áreas son comúnmente usadas para pastizales de bajo volumen. En México se encuentran en una zona transicional entre los Luvisoles y los Acrisoles.

- **Luvisol (LV)**

Del latin luvi, luo: lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas como los Altos de Chiapas y el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, en los estados de Durango y Nayarit, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos como los Altos de Jalisco o los Valles Centrales de Oaxaca. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser obscuros. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas, donde registran rendimientos muy favorables. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisóles, sin embargo, debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocu- pada por Luvisoles. El símbolo para su representación cartográfica es (L).

- **Phaeozem (PH)**

Suelo oscuro rico en materia orgánica, alta saturación de bases, poroso, fértil y es excelente tierra agrícola. Del griego phaios, oscuro, y del ruso zemlja, tierra. Suelos de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan estos suelos es generalmente plano o ligeramente ondulado. En México constituyen los suelos más importantes para la agricultura, por ejemplo, en los Altos de Jalisco, las llanuras de Querétaro, Hidalgo y norte de Guanajuato, en la Gran Meseta Chihuahuense, al pie de la Sierra Madre Occidental y en numerosos valles del sur y sureste de México.

- **Planosol (PL)**

Suelo con un horizonte superficial de textura gruesa abruptamente sobre un subsuelo denso y de textura más fina, típicamente en tierras planas estacionalmente inundada.

CONSULTA PÚBLICA





Del latín planus: plano, llano. Connotativo de suelos generalmente desarrollados en relieves planos que en alguna parte del año se inundan en su superficie. Son medianamente profundos en su mayoría, entre 50 y 100 cm, y se encuentran principalmente en los climas templados y semiáridos de nuestro país. Las regiones donde se han registrado con mayor frecuencia son los Altos de Jalisco, llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, los valles zacatecanos y algunas porciones de las planicies tarahumaras. Su vegetación natural es de pastizal o matorral. Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial, una capa infértil y relativamente delgada de un material claro que generalmente es menos arcilloso que las capas tanto que lo cubren como las capas que la subyacen. Debajo de esta capa se presenta un subsuelo muy arcilloso, o bien, roca o tepetate, todos impermeables. En otros países se les conoce como suelos «dúplex» por el contraste en su textura. En el centro norte de México, se utilizan con rendimientos moderados en la ganadería de bovinos, ovinos y caprinos. Su rendimiento agrícola depende de la subunidad de Planosol que se trate. Son muy susceptibles a la erosión, sobre todo en las capas superficiales. El símbolo para su representación cartográfica es (W).

- **Plinthosol (PT)**

Suelo que tiene una capa subsuperficial generalmente de color rojo, rica en hierro y pobre en humus y carbono orgánico que se endurece irreversiblemente al secarse (horizonte Plíntico), o que presenta una capa no continua de material fuertemente endurecido o cementado por hierro (horizonte Petroplíntico).

Del griego plinthos, ladrillo. Suelos ricos en plintita. La plintita es una mezcla rica en óxidos de hierro y arcilla caolinítica que generalmente es pobre en humus y que en ambientes de humedad y sequía repetida forma nódulos, concreciones o cementaciones difíciles de romper. Su ubicación geográfica está enfocada al límite entre el trópico húmedo y subhúmedo. Presentan considerables problemas de manejo, son poco fértiles y limitan fuertemente el volumen de enraizamiento cuando están endurecidos en el subsuelo. Desde el punto de vista económico son suelos valiosos para la cerámica y la industria de la construcción. Ocasionalmente constituyen reservas valiosas de hierro, aluminio, manganeso y titanio. En México se encuentran identificados en los estados de Chiapas y Tabasco.

- **Regosol (RG)**

Suelo muy poco desarrollado, muy parecido al material de origen. Del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.

Del griego rhegos, manta. Suelos con propiedades físicas o químicas insuficientes para colocarlos en otro grupo de suelos. Son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les ha dado origen cuando no son profundos. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados frecuentemente con Leptosoles

CONSULTA PÚBLICA





- **Solonetz (SN)**

Suelo con un horizonte subsuperficial arcilloso, denso, fuertemente estructurado y un elevado contenido de sodio y/o magnesio intercambiable. Del ruso sol: sal, etz: fuertemente expresado. Connotativo de suelos con altas concentraciones de sales. Se caracterizan por tener un subsuelo arcilloso con terrones duros en formas de columnas o prismas debido al alto contenido de sales de sodio (Fig. 51 y 52). Estos suelos se localizan en zonas donde se acumulan sales, en particular, el álcali de sodio. Su vegetación natural es muy escasa y cuando existe es de pastizal o matorral. No tienen uso agrícola y su recuperación es difícil y costosa. Su símbolo es (S).

- **Technosol (TC)**

Suelo fuertemente influenciado por material hecho por el hombre. Principalmente en áreas urbanas e industriales. Del griego technikos, bien hecho. Suelos dominados o fuertemente influenciados por todo tipo de material hecho o expuesto por la actividad humana que de otro modo no se produciría en la superficie de la tierra; la edafogénesis en estos suelos se ve fuertemente afectada por los materiales y su organización, se encuentra principalmente en áreas urbanas e industriales, donde la actividad humana ha propiciado la construcción de suelo artificial, sellado del suelo natural o la extracción de material. De este modo, las ciudades, carreteras, minas, basureros, derrames de petróleo, el carbón de depósito de cenizas y similares está incluido en Technosoles. Se ven fuertemente afectados por la naturaleza del material o de la actividad humana.

- **Umbrisol (UM)**

Suelo que presenta una capa superficial suave de color oscuro, rica en materia orgánica, pero bajo contenido de bases intercambiables. Del latín umbra, sombra. Suelos oscuros y ácidos en la superficie, de clima húmedo o subhúmedo, en ambiente montañoso. Son susceptibles a la erosión por efecto de la deforestación del bosque o selva. Estos suelos se encuentran usualmente en dos grandes regiones: altas de bosques templados y bajas en las llanuras costeras donde la precipitación es abundante.

- **Vertisol (VR)**

Suelo arcilloso que forman grietas debido a la expansión y contracción de las arcillas, forman facetas de fricción presión, generalmente de color obscuro. Del latín vertere, voltear. Literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Ocupan gran parte de importantes distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza. En estos suelos se produce la mayor parte de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización. Su símbolo es (V).

CONSULTA PÚBLICA





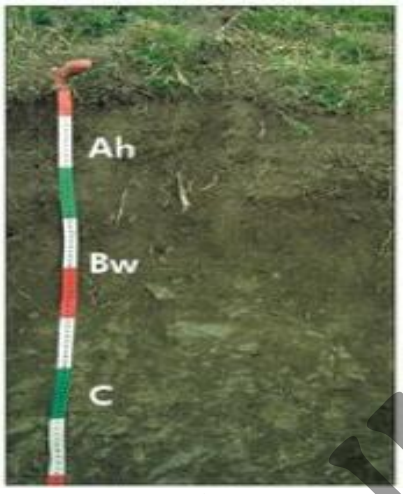
Acrisol



Alisol

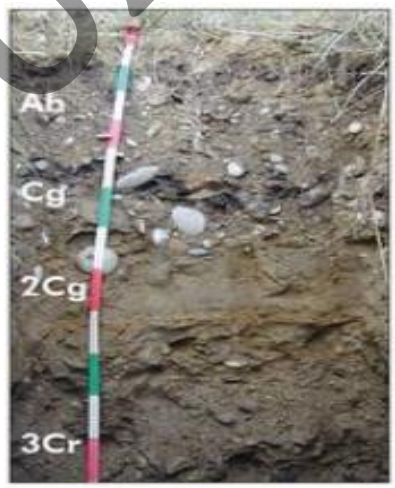


Calcisol

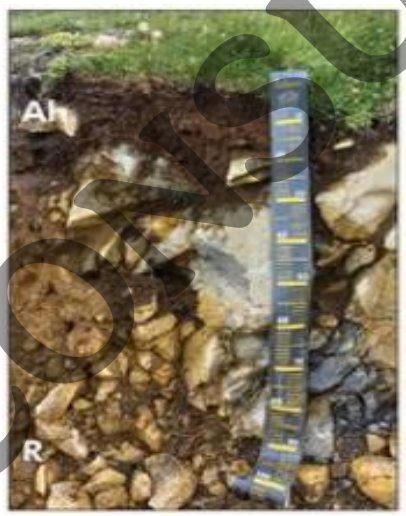


Cambisol


Durisol



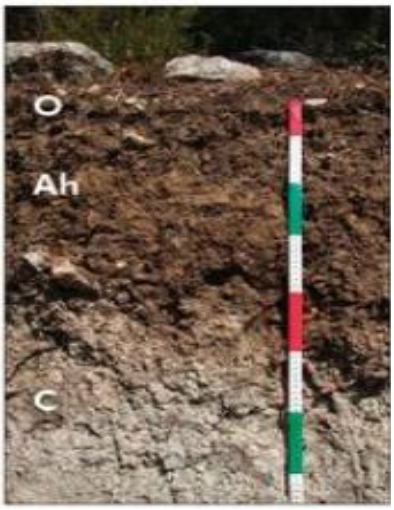
Fluvisol



Leptosol

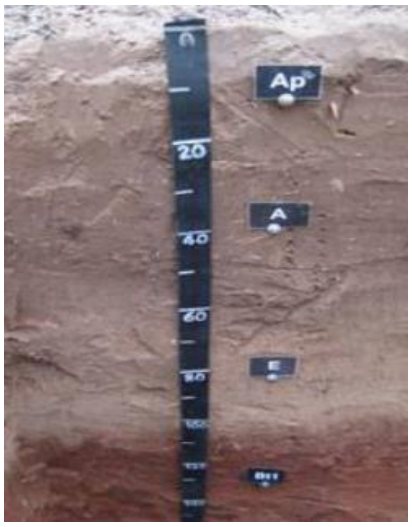


Lixisol



Phaeozem

CONSULTA PÚBLICA



Planosol

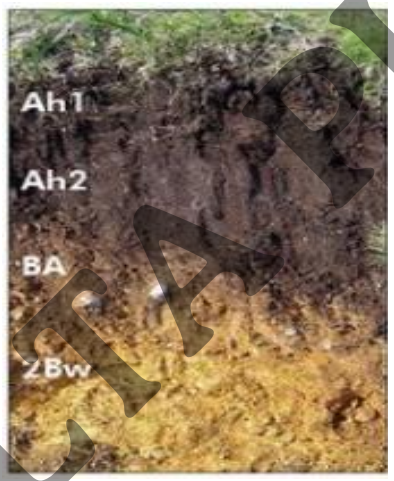

Plinthosol



Regosol



Solonetz



Umbrisol



Vertisol



Luvisol


Technosol

Figura III.80. Perfiles de los tipos de suelos dentro de la RE y el AP. Imágenes ilustrativas.

CONSULTA PÚBLICA

III.4.2. Degradación del suelo

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026)
http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000.

Dentro de la RE se determinó que el grado de degradación del suelo va de **LIGERO** a **EXTREMO**, donde los procesos de degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica son los que presentan un mayor porcentaje de incidencia en la RE con grados de degradación **LIGERO** a **MODERADO** con un 46.31%, influenciado principalmente por las actividades agrícolas, la deforestación y el sobrepastoreo, seguido de la Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial con un 21.91% que va de **LIGERO** a **FUERTE** debido a las actividades agrícolas, sobrepastoreo, deforestación y sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico.

Por otra parte, para el Área del Proyecto (AP), el grado de degradación del suelo más extendido fue el LIGERO con un 60.94 % de incidencia, seguido del MODERADO con un 33.82 %, y en tercer lugar el EXTREMO con un 3.28 %. En cuanto a las causas, las actividades agrícolas y sobrepastoreo son las causantes principales de la degradación del suelo, seguida de la urbanización; y lo concerniente al tipo, la degradación química por la declinación de la fertilidad y reducción del contenido de la materia orgánica es la más extendida.

Tabla III.73. Incidencia de grados de degradación del suelo dentro de la RE. Elaboración propia.

GRADO	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Extremo	436,382,118	2.22
Fuerte	493,708,794	2.51
Moderado	5,546,448,760	28.25
Ligero	9,062,838,940	46.14
Sin degradación	4,102,810,493	20.88
Total	19,642,189,105	100.00

Tabla III.74. Incidencia de tipos y causas de degradación del suelo dentro de la RE. Elaboración propia.

TIPO	GRADO	CAUSA	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Degradación física por compactación	Ligero	Sobrepastoreo	66,091,294	0.34
Degradación física por pérdida de la función productiva	Extremo	Urbanización	436,382,118	2.22
Degradación física por pérdida de la función productiva	Moderado	Urbanización	410,072,802	2.09
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Actividades agrícolas	1,454,672,196	7.41
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Actividades agrícolas / Sobrepastoreo	4,558,159,747	23.21
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Actividades agrícolas / Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación	198,852,844	1.01
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Deforestación y remoción de la vegetación	1,773,531	0.01
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Sobrepastoreo	86,373,364	0.44
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Moderado	Actividades agrícolas	1,170,747,858	5.96

CONSULTA PÚBLICA



TIPO	GRADO	CAUSA	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Moderado	Actividades agrícolas / Sobrepastoreo	1,378,105,168	7.02
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Moderado	Urbanización	244,729,081	1.25
Degradación química por polución	Ligero	Actividades agrícolas	17,233,294	0.09
Degradación química por polución	Moderado	Actividades agrícolas	777,696,396	3.96
Degradación química por salinización/alcalinización	Moderado	Actividades agrícolas	25,462,109	0.13
Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento	Ligero	Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación	87,209,038	0.44
Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento	Moderado	Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación	169,356,076	0.86
Erosión hídrica con deformación del terreno	Fuerte	Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación	49,701,106	0.25
Erosión hídrica con deformación del terreno	Moderado	Sobrepastoreo / Actividades agrícolas	101,632,814	0.52
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Fuerte	Actividades agrícolas	194,448,621	0.99
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Fuerte	Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación	157,348,371	0.8
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Fuerte	Deforestación y remoción de la vegetación	92,210,696	0.47
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación	339,074,988	1.73
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Actividades agrícolas / Sobrepastoreo	770,668,076	3.92
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Deforestación y remoción de la vegetación	83,144,435	0.42
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Sobrepastoreo	278,608,921	1.42
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Sobrepastoreo / Actividades agrícolas	79,097,967	0.4
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación	703,803,847	3.58
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico / Sobrepastoreo	338,075,398	1.72
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Moderado	Actividades agrícolas	207,678,163	1.06
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Moderado	Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación	335,621,940	1.71
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Moderado	Deforestación y remoción de la vegetación	296,637,116	1.51
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Moderado	Sobrepastoreo	48,825,337	0.25
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Moderado	Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico / Sobrepastoreo	379,883,900	1.93
Sin información del vector			4,102,810,493	20.89
Total			**19,642,189,104**	**100**

Tabla III.75. Incidencia de grados de degradación del suelo dentro del AP. Elaboración propia.

GRADO	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Extremo	322,815	3.28
Ligero	6,091,385	61.94
Moderado	3,326,386	33.82
Sin información del vector	93,886	0.95
Total	**9,834,472**	100.00

A PÚBLICA



Tabla III.76. Incidencia de tipos y causas de degradación del suelo dentro del AP. Elaboración propia.

TIPO	GRADO	CAUSA	Superficie de incidencia (m2)	Superficie de incidencia (%)
Degradación física por pérdida de la función productiva	Extremo	Urbanización	322,815	3.28
	Moderado	Urbanización	148,485	1.51
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Actividades agrícolas / Sobrepastoreo	5,079,139	51.65
	Moderado	Actividades agrícolas	1,539,986	15.66
		Actividades agrícolas / Sobrepastoreo	190,938	1.94
Degradación química por polución	Moderado	Actividades agrícolas	1,180,237	12.00
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Actividades agrícolas / Sobrepastoreo	466,283	4.74
		Sobrepastoreo / Actividades agrícolas	337,664	3.43
		Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación	208,300	2.12
	Moderado	Sobrepastoreo	266,741	2.71
Sin información del vector			93,886	0.95
Total			9,834,472	100

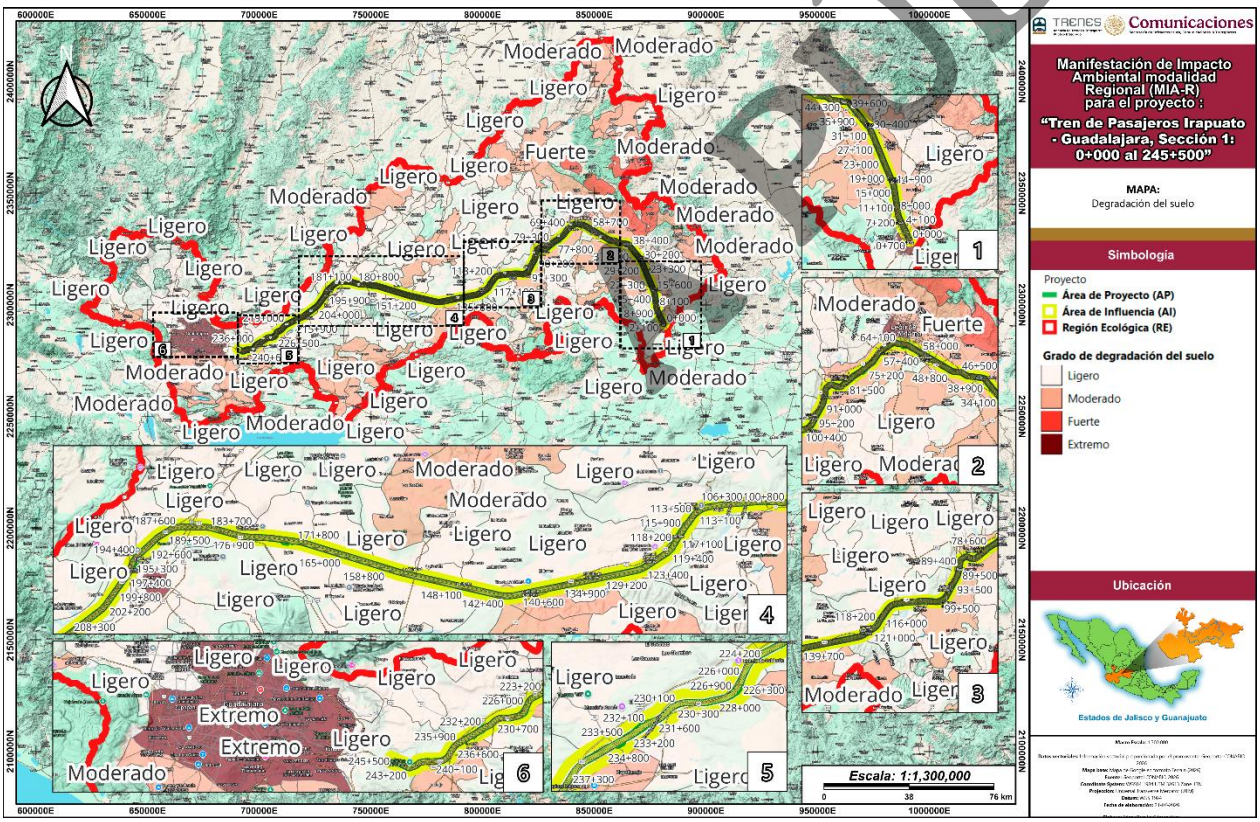


Figura III.81. Incidencia de los grados de degradación del suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

PÚBLICA



III.4.3. Erosión del suelo

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026)
http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, escala 1: 250 000, Continuo Nacional.

Dentro de la RE se determinaron 30 tipos de erosión (y 5 adicionales asociados a sellamiento del suelo y cuerpos de agua), de los cuales el tipo de erosión hídrica laminar de leve (HL1) presentó una mayor incidencia dentro de la RE con un 28.64 %, seguido por la Hídrica Laminar Moderado (HL2) con 10.98 %, e Hídrica Laminar Leve e Hídrica en Surcos Leve (HL1+HS1)con 7.81 %, así como el resto de las incidencias presentaron porcentajes de ocupación menores al 5 %. Es de destacar que el 24.06 % de la superficie de la RE no presenta evidencia de presencia de erosión de ningún tipo.

En el caso del Área del Proyecto (AP), se determinaron 6 tipos de erosión (y 4 adicionales asociados a sellamiento del suelo y cuerpos de agua), de los cuales la erosión hídrica laminar leve con clave HL1 presentó la mayor ocupación dentro del AP con un 41.08 %, seguida de la Hídrica en cárcavas moderada con clave HC2 con una ocupación del 7.06 %. El resto de los tipos de erosión ocuparon superficies menores al 7 % del Área del Proyecto.

Tabla III.77. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro de la RE. Elaboración propia.

Clave de erosión	Tipo de erosión	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
A	Antrópica	13,369,847	0.07
AH	Asentamientos humanos	547,008,635	2.78
EO	Eólica	973,477	0.01
EO+HL1	Eólica	1,407,112	0.01
H2O	cuerpos de agua	187,719,050	0.96
HC1	Hídrica en cárcavas lavas	40,484,515	0.21
HC1+HS1	Hídrica en Cárcavas Leve e Hídrica Laminar Leve	47,412,250	0.24
HC2	Hídrica en Cárcavas Moderada	366,342,416	1.87
HC3	Hídrica en Cárcavas Fuerte	25,787,031	0.13
HC3+HL1	Hídrica en Cárcavas Fuerte	6,817,675	0.03
HC3+HL2	Hídrica en Cárcavas Fuerte e Hídrica Laminar Moderada	11,972,471	0.06
HC4	Hídrica en Cárcavas Muy Fuerte	116,998,766	0.6
HL1	Hídrica Laminar Leve	5,624,761,449	28.64
HL1+EO	Hídrica Laminar Leve y eólica	119,649,692	0.61
HL1+HC1	Hídrica Laminar Leve e Hídrica en Cárcavas Leve	423,247,180	2.15
HL1+HS1	Hídrica Laminar Leve e Hídrica en Surcos Leve	1,533,870,942	7.81
HL2	Hídrica Laminar Moderado	2,155,924,680	10.98
HL2+HC1	Hídrica Laminar Moderada e Hídrica en Cárcavas Leve	146,245,620	0.74
HL2+HC2	Hídrica Laminar Moderada e Hídrica en Cárcavas Moderada	32,199,915	0.16
HL2+HS1	Hídrica Laminar Moderada e Hídrica en Surcos Leve	850,426,062	4.33
HL2+HS2	Hídrica Laminar Moderada e Hídrica en Surcos Moderada	161,138,580	0.82
HL3	Hídrica Laminar fuerte	618,262,796	3.15
HL3+HC1	Hídrica Laminar Fuerte y Hídrica en Cárcavas Leve	3,016,076	0.02
HL3+HC2	Hídrica Laminar Fuerte e Hídrica en Cárcavas Moderada	113,103,528	0.58
HL3+HS1	Hídrica Laminar Fuerte e Hídrica en Surcos Leve	5,853,593	0.03
HL3+HS2	Hídrica Laminar Fuerte e Hídrica en Surcos Moderada	180,036,035	0.92
HL4	Hídrica Laminar extrema	156,335,622	0.8
HS1	Hídrica Surcos leve	544,433,007	2.77
HS1+HL1	Hídrica en Surcos Leve e Hídrica Laminar Leve	10,714,335	0.05

A PÚBLICA



Clave de erosión	Tipo de erosión	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
HS2	Hídrica Surcos Moderado	93,384,207	0.48
HS2+HL1	Hídrica en Surcos Moderada e Hídrica Laminar Leve	52,915,536	0.27
HS3	Hídrica Surcos Extremo	3,872,175	0.02
HS3+HL1	Hídrica en Surcos Fuerte e Hídrica en Cárcavas Moderada	6,288,125	0.03
SE	Sin erosión evidente	4,729,188,460	24.06
ZA	Uso de Suelo / Antrópico	94,557	0.01
ZU	Uso de Suelo / Antrópico	521,914,672	2.66
Sin información del vector		189,019,013	0.96
Total		**19,642,189,104**	**100.00**

Tabla III.78. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro del AP. Elaboración propia.

Clave de erosión	Tipo de erosión	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
AH	Asentamientos humanos	700,362	7.12
H2O	Cuerpo de agua	32,133	0.33
HC2	Hídrica en cárcavas moderada	694,112	7.06
HL1	Hídrica laminar leve	4,040,045	41.08
HL1+HS1	Hídrica laminar leve e hídrica en surcos leve	606,733	6.17
HL2	Hídrica laminar moderada	358,274	3.64
HL2+HC1	Hídrica laminar moderada e hídrica en cárcavas leve	26,399	0.27
HL2+HS1	Hídrica laminar moderada e hídrica en surcos leve	918	0.01
SE	Uso de Suelo / Antrópico	3,117,794	31.70
ZU	Uso de Suelo / Antrópico	162,881	1.66
Sin información del vector		94,822	0.96
Total		9,834,472	100.00

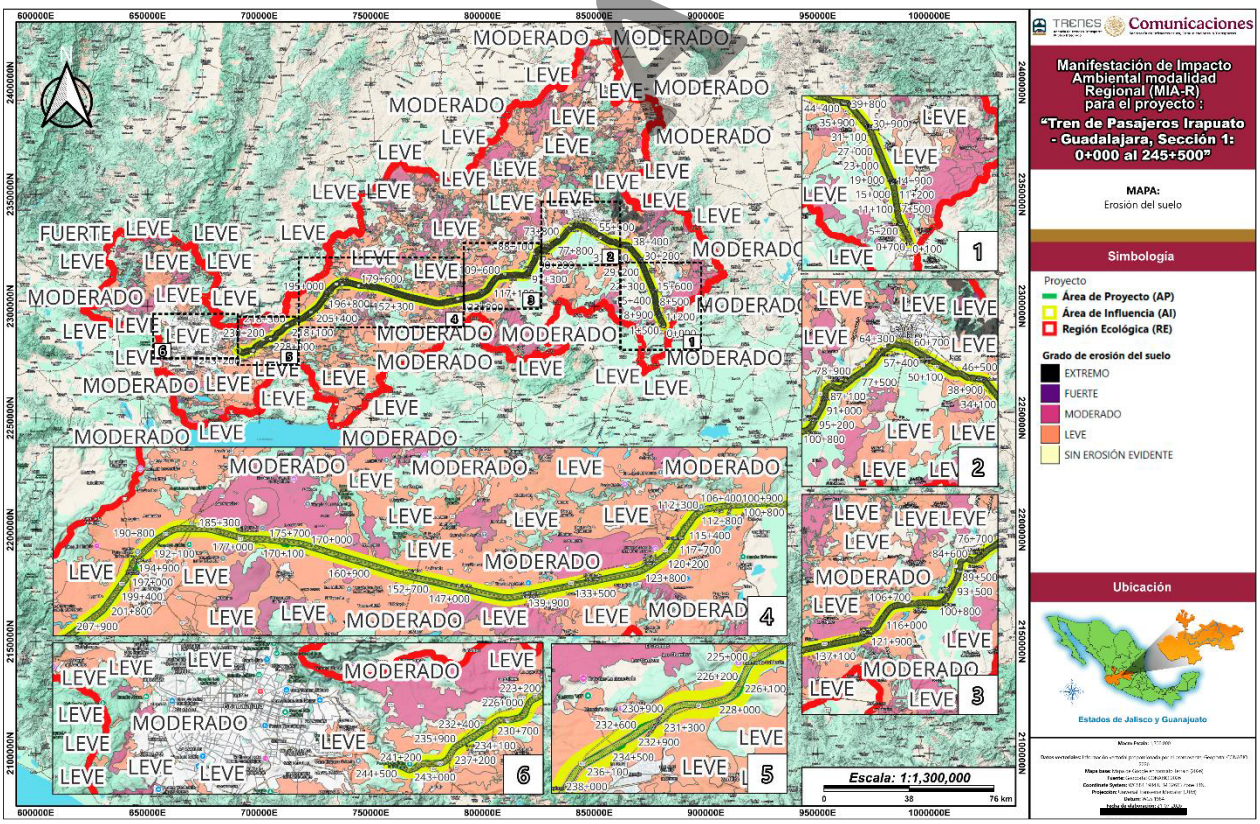


Figura III.82. Incidencia de los grados de erosión del suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

2026 año de Margarita Maza

PÚBLICA



A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de erosión identificados de acuerdo con el Diccionario de datos de erosión de suelo. Escala 1:250;000:

- **Erosión antrópica**

Para los fines de este proyecto se consideró como aquella donde el agente causal más evidente es el hombre, al modificar el paisaje natural de manera abrupta e irreversible, facilitando la acción directa de los agentes erosivos. (Construcción de carreteras, presas, crecimientos urbanos, extracción de materiales, líneas de transmisión, gasoductos, entre otros).

- **Erosión en canales**

Cauce originado por la avenida del agua sobre el suelo y que alcanzan ciertas dimensiones, de tal manera que pueden volverse estables para poder conducir los escurrimientos, se forman en pendientes muy suaves.

- **Erosión en cárcavas**

Es el efecto visible originado en el terreno por la acción hídrica, el cual genera socavones o cauces, debido a la remoción del suelo mediante la concentración del agua de escurrimiento en un volumen tal que se forman canales de mayores dimensiones en áreas con diferencias de pendiente.

- **Erosión en surcos**

Proceso hidrológico donde el escurrimiento comienza a desagregar el suelo y continúa con el transporte de estas partículas en los sitios en los que circulan corrientes de agua formando cauces de pequeñas dimensiones.

- **Erosión eólica**

Acarreo y/o desgaste de las capas expuestas de la superficie por la acción constante del viento, al estrellar partículas diminutas de minerales contra la superficie del suelo o roca, generando el transporte del material desprendido y su consecuente depósito en otras zonas.

- **Erosión hídrica**

Pérdida de la capa superficial del suelo por la acción directa del agua, remoción de su sitio original, desplazamiento y deposición en otras áreas, que regularmente presentan diferencias en altitud.

- **Erosión hídrica laminar**

Remoción más o menos uniforme del suelo, se reconoce por el adelgazamiento de las capas más superficiales del suelo. Inclusive desplazamientos masivos de suelo en forma escalonada.

III.4.4. Sitios de incidencia de contaminación del suelo dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026.
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa

A continuación, se presenta una descripción de los puntos de contaminación asociados al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), que en el marco de este proyecto abarca a los

A PÚBLICA



municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Esta información fue consultada dentro del Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del ZOOM Metropolitano (https://zoom.imeplan.mx/mapa) del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN).

- **Puntos detectados de contaminación del suelo**

Dentro de la Región Ecológica (RE), mediante este sistema de información geográfica, se identificó la incidencia con 18 puntos de contaminación del suelo conforme a lo siguiente: 1 de contaminación química, 5 de contaminación, 5 por estaciones de transferencia, 6 por rellenos sanitarios y 1 denominado sitio controlado. En tanto, para el Área del Proyecto (AP) no se presenta incidencia con alguno de estos sitios de contaminación.

Tabla III.79. Incidencia con puntos detectados de contaminación del suelo. Elaboración propia.

Tipo de contaminación	Cantidad de incidencias
Contaminación Química	1
Contaminantes	5
Estacion de transferencia	5
Relleno Sanitario	6
Sitio controlado	1
Total	18

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

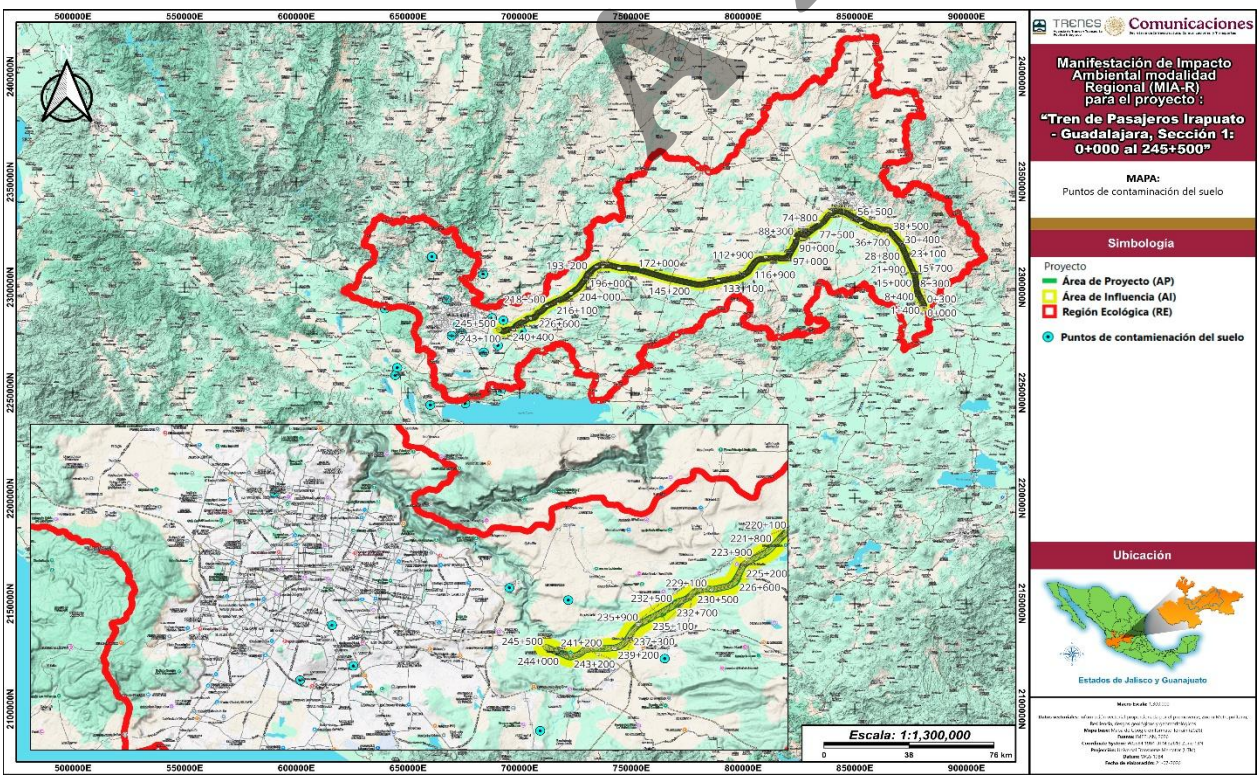


Figura III.83. Incidencia con puntos detectados de la contaminación del suelo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte medio abiótico> Suelo.***

PÚBLICA



III.4.5. Sitios de riesgo de contaminación del suelo de acuerdo con el Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara"

Fuente: Secretaría de la Defensa Nacional (DEFENSA) – Anexo VI.1. Informe Geológico.

A continuación, se presenta la caracterización de los riesgos por contaminación del suelo dentro del Área del Proyecto (AP), los cuales fueron identificados a través del Informe Geológico del Tramo "Irapuato-Guadalajara". La caracterización de los riesgos químicos constituye un componente fundamental dentro de la evaluación geológica de proyectos de infraestructura lineal, debido a que las condiciones geoquímicas del terreno pueden influir significativamente en la durabilidad, funcionalidad y seguridad de las obras proyectadas.

En el caso del tramo Irapuato–Guadalajara, la identificación y evaluación de estos riesgos permite reconocer aquellos materiales geológicos y condiciones ambientales con potencial para generar procesos de alteración química, corrosión o degradación de los elementos constructivos, así como posibles afectaciones al entorno derivadas de la interacción entre los materiales naturales y las actividades de construcción y operación. Como parte de la identificación de riesgos aledaños al DDV y del diseño de la campaña de exploración, se estableció un punto de referencia en las presas de jales de la planta "Química Central de México S.A de C.V.", ubicada en el Km. 13.5 de la carretera León – San Francisco del Rincón, Gto. Que estuvo en operación de 1972 a 2014, periodo en el cual se generaron 300, 000 toneladas de residuos peligrosos de cromo hexavalente en dos presas de jales. En el año 2013 la PROFEPA clausuro las operaciones de la planta en San Francisco del Rincón derivado de una visita de inspección que se practicó, donde se detectaron diversas y graves irregularidades en el manejo y almacenamiento de residuos peligrosos. Además, que no contaba con acreditación por parte de SEMARNAT como generadora de residuos peligrosos.

A PÚBLICA



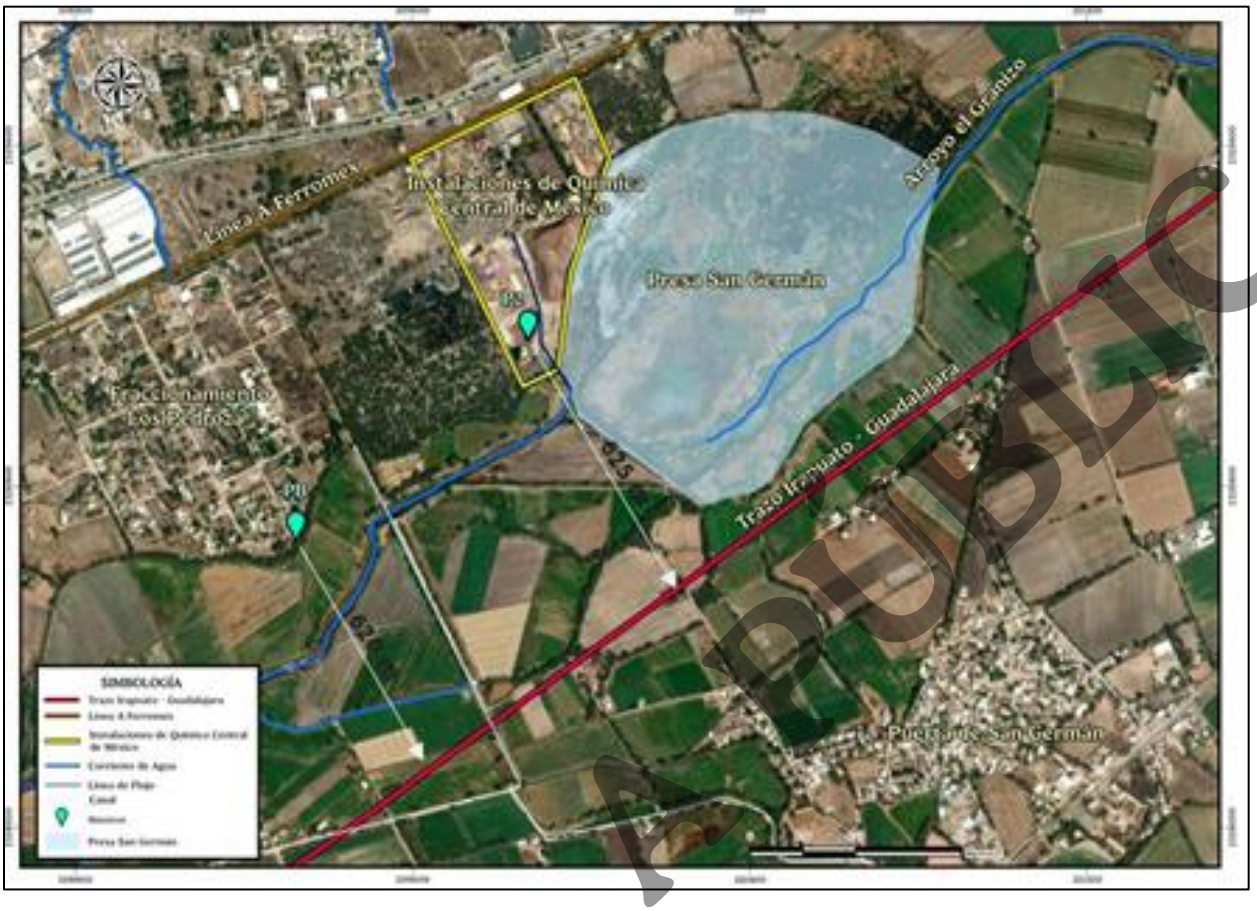


Figura III.84. Plano de la planta "Química Central México S.A. de C.V." donde se aprecia su interacción con cuerpos de agua y la cercanía al tramo Irapuato – Guadalajara. Elaboración propia.

El cierre de operaciones por parte de "Química Central de México S.A de C.V." no incluyó un plan de restauración y monitoreo del terreno, que minimizara impactos ambientales y sociales hasta garantizar condiciones seguras y estables. Normalmente, un plan de cierre contempla desmantelamiento de infraestructura, la rehabilitación del suelo, la gestión de relaves, la reforestación y monitoreo por hasta 25 años posteriores al cierre. Durante el levantamiento de campo se identificaron riesgos químicos y biológicos, parte de la infraestructura de la planta permanece en sitio, las cisterna y tanques de almacenamiento permanecen en superficie y en el subsuelo (se identificaron derrames), los tanques de flotación siguen en sitio, pero tuvieron falla en la membrana impermeabilizante, hay 2 presas de jales que se están lixiviando, por lo que hay acumulación de minerales (verdes, azules, amarillos y blancos) en el suelo del lugar, que se extienden hasta las albercas de flotación. También existen registros que conectan la planta con la red de drenaje local (algunos almacenan agua).

Villalobos-Aragón, *et al.* (2012) publicaron un estudio sobre el acuífero que se localiza debajo de la fábrica de cromatos, sus inmediaciones y zonas distales, donde se mantenían concentraciones muy altas de Cr (VI) (121 mg/L) y los análisis de isotopos de cromo determinaron lixiviación de Cr (VI) fresco al agua subterránea desde los depósitos de residuos del procesamiento de mineral de cromo. A partir de los resultados isotópicos, se determinó

A PÚBLICA

que para la Planta "Química Central S.A. de C.V.", la atenuación natural de cromo no es una tecnología de remediación factible; será necesario un bombeo y tratamiento más agresivo, junto con la inmovilización química *in situ* y la eliminación de la fuente, para disminuir o eliminar la contaminación.

En tanto, de acuerdo con el documento denominado como *Estudio de presencia de Cr (VI)* (ANX.XII), se estima la presencia entre 333,952 y 160,296.96 Ton de desechos peligrosos de este material.



Figura III.85. Plano de la planta "Química Central México S.A. de C.V." donde se aprecia su interacción con cuerpos de agua y la cercanía al tramo Irapuato – Guadalajara. Elaboración propia.

Por ello, si bien el Área del Proyecto (AP) no índice directamente dentro de esta zona contaminada, se reconoce que su cercanía podría indicar una contaminación histórica dentro de este sitio. Por ello, se realizó un muestreo dentro de la superficie del proyecto con mayor cercanía a este pasivo ambiental conforme a lo siguiente.

A PÚBLICA

III.4.5.1. Plan maestro de muestreo para la determinación de Cromo Hexavalente (Cr(VI))

Realizar una detección preliminar de los suelos potencialmente contaminados, por muestreo directo, para registrar la posible presencia de cromo. Para esta metodología se aplicará un muestreo de tipo dirigido.

Determinar con el muestreo directo la concentración de cromo presente en los suelos, de acuerdo con los parámetros establecidos dentro de la ***Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004***, delimitar de manera general las áreas afectadas para hacer una estimación de la posible pluma de contaminación y del volumen de suelo por remediar, considerando las propiedades características del contaminante, así como de las condiciones del sitio. Para este tipo de muestreo se aplicará una metodología de tipo dirigida a juicio del experto.

El Plan de Muestreo deberá ser elaborado por el responsable de la contaminación o por el responsable técnico, con base en la metodología NMX-AA132-SCFI-2016, para la realización del muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de Metales y Metaloides y Manejo de la Muestra, publicada en el Diario Oficial de la Federación.

Tabla III.80. Concentraciones de referencia de acuerdo con la NMX-AA132-SCFI-2016. Elaboración propia.

Contaminante	Uso agrícola/ residencial/ comercial (mg/kg)	Uso industrial (mg/kg)
Cromo hexavalente (Cr(VI))	280	510

A continuación, se detallan las características metodológicas del muestreo.

- **Metodología de los muestreos en campo**

Fecha: 12 a 13 de septiembre de 2026.

Lugar: dentro del Área del Proyecto (AP) y Área de Influencia (AI) entre los cadenamientos 76+200 al 77+100.

Se realizó la toma de muestras con una metodología de muestreo dirigido, considerando el antecedente histórico del sitio de estudio, así como el juicio del experto para la realización de las 32 muestras de suelo, de las cuales se consideraron 18 puntos de muestreo, realizando un perfil estratigráfico por cada uno de ellos. La ubicación de los puntos de muestreo se indica en la siguiente tabla.

PÚBLICA

Tabla III.81. Sitios de muestreo visitados para la implementación de la toma de suelo de acuerdo con la NMX-AA132-SCFI-2016. Elaboración propia.

Puntos de Muestreo			
ID de la Muestra	UTM		Ubicación
	X	Y	
DDV 15 - 0.50	209410	2328065	Derecho de Vía
DDV-15 - 0.90	209410	2328065	Derecho de Vía
DDV-1-SUP			Derecho de Vía
DDV-14-0.50	209536	2328065	Derecho de Vía
DDV-14-0.90	209536	2328065	Derecho de Vía
DDV-13-SUP	209795	2328257	Derecho de Vía
DDV-13-0.50	209795	2328257	Derecho de Vía
DDV-13-0.90	209795	2328257	Derecho de Vía
T-8	209737	2328502	Agrícola
T-7	209703	2328480	Agrícola
T-5	209673	2328781	Agrícola
T-6	209831	2328792	Agrícola
T-04	230192	2328791	Agrícola
T-12	210066	2328647	Agrícola
DDV-15-SUP	209410	2328065	Derecho de Vía
DDV-11-SUP	210240	2328588	Derecho de Vía
DDV-11-0.5	210240	2328588	Derecho de Vía
DDV-11-0.90	210240	2328588	Derecho de Vía
DDV-9-SUP	209984	2328391	Derecho de Vía
DDV-9-0.5	209984	2328391	Derecho de Vía
DDV-09-0.9	209984	2328391	Derecho de Vía
DDV-10-SUP	210526	2328783	Derecho de Vía
DDV-10-0.5	210526	2328783	Derecho de Vía
DDV-10-0.9	210526	2328783	Derecho de Vía
P-M1-SUP	209737	2329573	Predio de Quimica del centro
P-M2-SUP	209824	2329378	Predio de Quimica del centro
P-M2-0.5	209824	2329378	Predio de Quimica del centro
P-M2-0.9	209824	2329378	Predio de Quimica del centro
P-M3-SUP	209904	2329192	Predio de Quimica del centro
P-M22-SUP	209890	2329161	Predio de Quimica del centro
FONDO-SUP	209709	2329709	Via ferrea Ferromex
BLANCO CAMELLÓN	209700	2329705	Avenida

A PÚBLICA



Figura III.86. Puntos de muestreo para la detección de Cromo Hexavalente dentro del AP y el AI. Elaboración propia.

PÚBLICA

El procedimiento que se llevó a cabo para la toma de muestra en el Área del Proyecto es el siguiente: Antes de cualquier actividad, se realiza la limpieza exhaustiva de la herramienta y del equipo de muestreo de acuerdo con los 3 tiempos indicados en el NMXAA132- SCFI-2016, llevado a cabo por personal calificado como signatario bajo la EMA.

Posteriormente se inició con los sondeos de acuerdo con las profundidades marcadas, una vez extraída la muestra con el *hand auger*, las muestras de suelos son colocadas en un frasco de vidrio de 500g con contratapa de teflón.



Figura III.87. Tomas de muestra en campo. Elaboración propia.

PÚBLICA

Las muestras son identificadas, etiquetadas y preservadas con sellos de custodia (de acuerdo con cada uno de los parámetros requeridos) y registradas en las cadenas de custodia correspondientes, posteriormente son colocadas en hielera de plástico para su conservación a baja temperatura, tal como se muestra en la Figura siguiente:



Figura III.88. Imágenes de las muestras de suelo debidamente empaquetadas para su envío a laboratorio. Elaboración propia.

La ubicación de los puntos de muestreo se estableció seleccionando los puntos más representativos para conocer la dispersión horizontal y vertical de la pluma del contaminante. Las profundidades se proponen con base en la experiencia en estudios de caracterización de suelos realizados por el personal técnico responsable del proyecto y con información previa del sitio reportada, considerando las características del sitio.

La profundidad de las perforaciones estará sujeta al nivel freático (NF), siendo indispensable que las muestras de suelo sean colectadas a dos o tres profundidades, a excepción de las muestras consideradas blancos, que serán tomadas a profundidad posible antes de llegar al NF.

Considerando que la afectación de la zona de estudio se encuentra sometida a la presencia de cromo VI, los parámetros ambientales (temperatura, precipitación, evapotranspiración), características del suelo (contenido y retención de agua, permeabilidad, contenido de arcilla, profundidad del agua subterránea) y las propiedades de los contaminantes (solubilidad, densidad, número), se estima que todos estos factores podrían generar un transporte de los contaminantes en suelo a estratos más profundos.

Al final del muestreo, se etiquetó cada una de las muestras, se llenó la bitácora y las hojas de campo con la información requerida en cada formato. Al concluir los muestreos, se procedió con la elaboración del formato de Cadena de Custodia externa. Todos los parámetros por analizar fueron registrados en la misma, especificando la fecha y hora que se realizaron los muestreos; la preservación de las muestras y la persona que realizó el muestreo.

A PÚBLICA



Este documento es firmado por cada una de las personas responsables de la integridad física de las muestras, desde que son enviadas del sitio muestreo hasta su llegada al laboratorio, anotando las observaciones pertinentes cuando estas sean necesarias. Este documento es el inicio de la cadena de rastreabilidad que permite verificar el buen desarrollo de todas las actividades realizadas desde la toma de muestras hasta la emisión de los resultados.

Al llegar las muestras al laboratorio, el técnico de recepción de muestras revisa su integridad, que la forma de preservación haya sido la adecuada, que los tiempos máximos previos al análisis hayan sido respetados y que su identificación este acorde con lo registrado en la cadena de custodia externa, en caso de encontrar alguna anomalía, ésta será registrada en el espacio de observaciones.

- **Resultados**

Para el análisis de concentraciones se mostrarán y analizarán los resultados de laboratorio para cada una de las muestras de suelo tomadas, realizadas con el Laboratorio certificado Laboratorio ABC, Química, Investigación y Análisis, S.A. de C.V. -Intertek + ABC Analitic. Por lo que el método de muestreo a emplear es el específico para la matriz y los informes de pruebas correspondientes que sustentan está información se encuentran en el ANX.XII.

Los resultados de las muestras analizadas se observan en la siguiente tabla resumiendo las concentraciones para los resultados de cromo hexavalente y realizando una comparación con los límites máximos permisibles a la norma aplicable correspondiente, la identificación de cada punto de muestreo y la profundidad a la que se tomó la muestra, se marcan en color rojo aquellas que pasan los límites máximos permisibles por la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004.

En cuanto al muestreo realizado se puede observar que las muestras correspondientes a P-M1-SUP, P-M2-SUP, P-M2-0.5, P-M2-0.5, P-M2-0.9, PM22- SUP, son las que presentan valores superiores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) definidos en la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 correspondientes a valores de cromo hexavalente, acorde con su uso de suelo.

Como se puede observar sobre el terreno del pasivo ambiental los resultados esperados superan la norma, reafirmando la clasificación de pasivo ambiental, sin embargo, fuera de este en ningún momento rebasa la concentración, aunque si aparecen estos resultados no obedecen a una contaminación directa al pasivo ambiental de Química del Centro.

Por otro lado, al sobreponer los resultados obtenidos con las tazas de transporte y direccionalidad, se puede presumir que estas tienen correlación directa con la contaminación eólica por transporte de partículas, desde el cadenamiento 76+200 y hasta 77+100, siendo evidente que entre más se alejen de la zona el riesgo es menor.

A PÚBLICA



Tabla III.82. Resultados de los muestreos en campo sobre la determinación de Cromo Hexavalente (Cr(VI)). Elaboración propia.

Resultados de Laboratorio para Cromo VI		
ID Muestra	**Límite Máximo Permisible (LMP) para uso de suelo Industrial / Agrícola (mg/kg)**	**Resultados de Laboratorio (mg/kg)**
DDV 15 - 0.50	280	0.40
DDV-15 - 0.90	280	ND
DDV-1-SUP	280	ND
DDV-14-0.50	280	1.25
DDV-14-0.90	280	ND
DDV-13-SUP	280	ND
DDV-13-0.50	280	ND
DDV-13-0.90	280	ND
T-8	280	ND
T-7	280	0.36
T-5	280	0.76
T-6	280	0.38
T-04	280	ND
T-12	280	0.40
DDV-15-SUP	280	0.42
DDV-11-SUP	280	0.42
DDV-11-0.5	280	ND
DDV-11-0.90	280	ND
DDV-9-SUP	280	2.59
DDV-9-0.5	280	1.17
DDV-09-0.9	280	ND
DDV-10-SUP	280	ND
DDV-10-0.5	280	ND
DDV-10-0.9	280	ND
P-M1-SUP	510	5971.95
P-M2-SUP	510	3247.18
P-M2-0.5	510	1174.50
P-M2-0.9	510	1111.08
P-M3-SUP	510	4.60
P-M22-SUP	510	12306.09
FONDO-SUP	280	18.32
BLANCO CAMELLÓN	280	0.51

Fuente: NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004
ND: No Detectado

A PÚBLICA

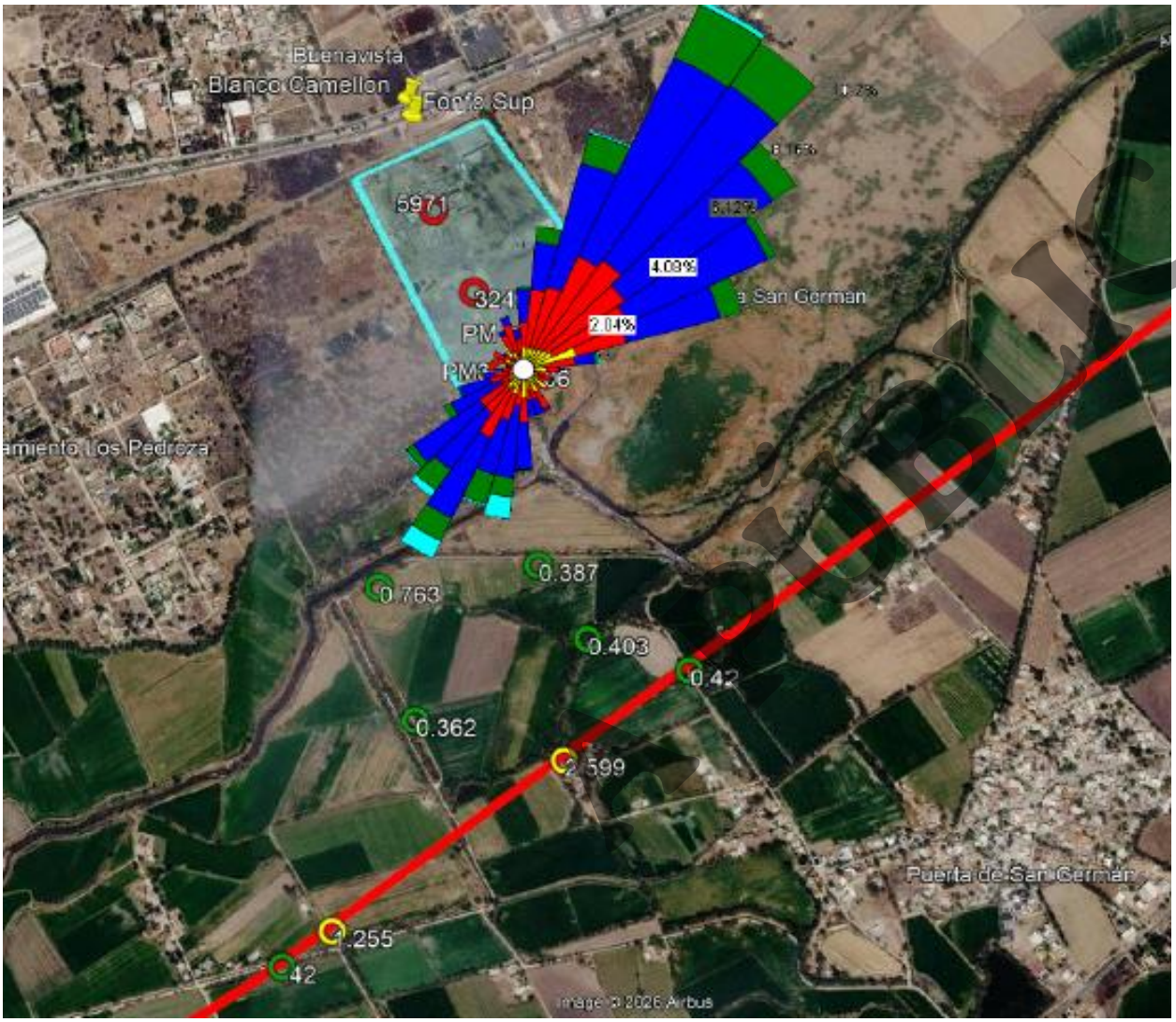


Figura III.89. Dirección del movimiento del Cromo Hexavalente (Cr(VI)) por corrientes de aire. Elaboración propia.

Lo cual indica que si bien no es toxico el trabajo sobre el DDV, si es de atención para los trabajos de construcción y operación del DDV y cochera, por lo que se debe de hacer una adecuada selección de EPP, garantizando la exposición de partículas menores a PM2.5 y mantener la salud de los trabajadores.

Por lo cual al analizar las muestras en relación la distancia y las características de la zona, se puede apreciar una marcada tendencia al dentro del predio y al sur del mismo, con lo cual se considera que el cromo permanece solo en capas superficiales debido a la naturaleza del miso y al uso de suelo en la zona, pues el suelo es comúnmente aereado para la siembra y al no encontrar en capa inferiores contaminantes, se puede considerar consistente con las aseveraciones previamente plasmadas.

PÚBLICA



- **Conclusiones**

Una vez condensado los estudios de campo y la información de gabinete recolectada, se puede concluir fehacientemente que el derecho debía propuesto para el desarrollo de la vía del tren del tramo Irapuato a San Francisco del Rincón, no presenta contaminación por cromo hexavalente que supere la norma oficial mexicana, en términos del establecido en la LGEEPA o en las normas oficiales antes referidas, también es importante entender que el pasivo Ambiental existente no depende ni es responsabilidad de la Secretaría de la defensa, este pasivo debe de ser tratado, atendido por los canales y vías legales apropiadas. Sin embargo, la presencia de este podría representar a la larga, un efecto nocivo a la salud sobre trabajos en la zona debido a transporte aéreo de contaminantes.

Asimismo, se ha documentado durante los trabajos de campo que personas de la comunidad han acudido para retirar lo que a su consideración es arena para la construcción de sus casas, lo cual es consistente con la pérdida aproximada del 48 % de la masa que se tenía durante la clausura en el 2011.

A PÚBLICA



III.5. AGUA

III.5.1. Regionalización hidrológica

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Regiones Hidrológicas. INEGI. 1:250000, Cuencas. INEGI. 1:250000, Subcuencas. INEGI. 1:250000, Microcuencas. INEGI. 1:250000.

La Región Ecológica (RE) incide dentro de la Región-Hidrológica Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico y VII Cuencas Centrales del Norte en la Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, 14 Ameca y 26 Pánuco, en las Cuencas Hidrológicas R. Lerma-Salamanca, R. Lerma-Chapala, L. Chapala, R. Santiago-Guadalajara, R. Laja, R Verde Grande, R. Juchipila, P. La Vega y R Tamuín, así como en 663 microcuencas.

Tabla III.83. Incidencia de las regionalizaciones hídricas dentro de la RE y AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Regionalización	Incidencia
Región Hidrológica-Administrativa:	VIII Lerma-Santiago-Pacífico y VII Cuencas Centrales del Norte
Región Hidrológica:	No. 12 Lerma-Santiago, N° 14 Ameca y N° 26 Pánuco
Cuenca Hidrológica:	R. Lerma-Salamanca, R. Lerma-Chapala, L. Chapala, R. Santiago-Guadalajara, R. Laja, R Verde Grande, R. Juchipila, P. La Vega y R Tamuín.
Subcuencas Hidrográficas:	A. Temascatío, C. C. Ocampo, L. Chapala, L. Chapala- R. Corona, L. de San Marcos, P. Santa Rosa - R. Bolaños, R. Aguascalientes, R. Ángulo - R. Briseñas, R. Briseñas - L. Chapala, R. Calderón, R. Chico, R. Corona- R. Verde, R. Cuixtla, R. de los Lagos, R. del Valle, R. Encarnación, R. Gigantes, R. Grande, R. Guanajuato, R. Huascato, R. Juchipila - Moyahua, R. La Laja, R. Laja- Peñuelitas, R. Salado, R. Salamanca - R. Ángulo, R. San Miguel, R. Santa María Alto, R. Tepatitlán, R. Turbio - Corralejo, R. Turbio - Manuel Doblado, R. Turbio - P. Palote, R. Verde Grande, R. Verde- P. Santa Rosa y R. Zula.
Microcuencas Hidrográficas:	Se registraron 672 microcuencas, las cuales por fines de practicidad se encuentran en el anexo de Microcuencas.

- **Regiones Hidrológicas (RH)**

La Región Ecológica (RE) se localiza dentro de 3 Regiones Hidrológicas (RE), siendo la de casi toda la incidencia la denominada RH-12 Lerma-Santiago con un 99.99 %, seguida de manera residual por la RH-14 Ameca residual con un 0.0000000091 % y la RH-26 con un 0.0000000011 %. En el caso del Área del Proyecto (AP), la incidencia total corresponde al 100 % dentro de la RH-12 Lerma Santiago.

Tabla III.84. Incidencia de las Regiones Hidrológicas (RH) dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Región Hidrológica (RH)	Clave	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
RH12	Lerma-Santiago	19,642,189,102	99.99999999
RH14	Ameca	1.79	0.0000000091
RH26	Panúco	0.21	0.0000000011
Total		19,642,189,104	100.00

Tabla III.85. Incidencia de las Regiones Hidrológicas (RH) dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Región Hidrológica (RH)	Clave	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
RH12	Lerma-Santiago	9,834,472	100.00
Total		**9,834,472**	100.00

PÚBLICA

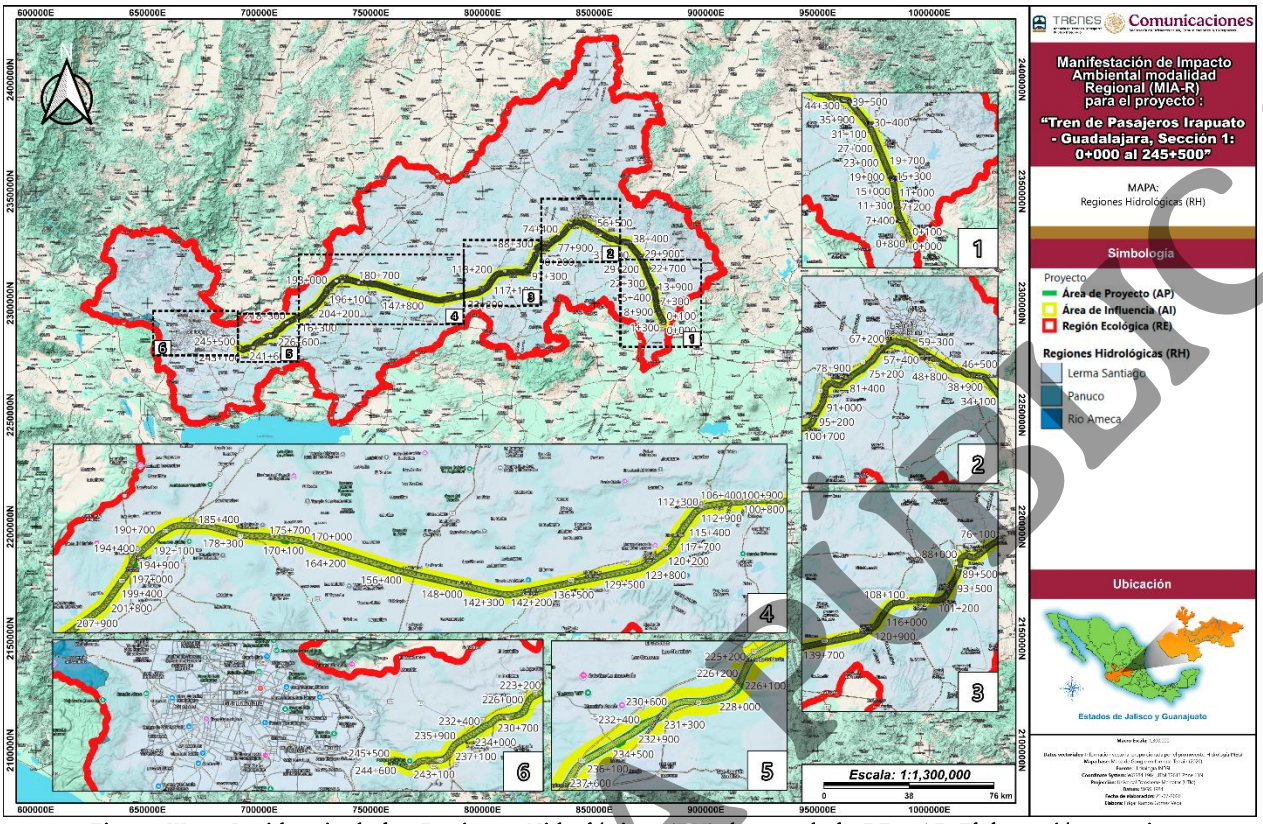


Figura III.90. Incidencia de las Regiones Hidrológicas (RH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de las Regiones Hidrológicas en las que incide la RE y el AP.

RH12. Lerma-Santiago

La Región Hidrológica Lerma-Santiago (RH 12) se localiza en el centro-occidente de México, abarcando una superficie aproximada de 121,300 km². Se extiende a lo largo de varias entidades federativas, entre ellas el Estado de México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y Nayarit. En el mapa se representa con un trazo azul que delimita su extensión geográfica, mostrando sus cuerpos de agua y ríos principales, la red hidrográfica (INEGI) y las subcuencas según la delimitación de la CONAGUA con sus claves numéricas. También se identifican las principales presas, tomado del Sistema Nacional de Información del Agua de la CONAGUA. Además, se indica la ubicación de las ciudades principales con más de 200,000 habitantes y las localidades de más de 40,000 habitantes, según el censo de población y vivienda 2020 del INEGI.

PÚBLICA



RH14. Ameca

La Región Hidrológica Número 14 Ameca se encuentra en los estados de Jalisco y Nayarit y está integrada por nueve cuencas hidrológicas: Salado, Cocula, Ahuacatlán, Atenguillo, Ameca Pijinto, Ameca Ixtapa A, Talpa, Mascota y Ameca Ixtapa B. Dicha Región Hidrológica se localiza entre las coordenadas geográficas 20°05' y 21°17' de Latitud Norte y entre 103°30'0" y 105°20'0" de Longitud Oeste. La Región Hidrológica Número 14 Río Ameca pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, y tiene una extensión de 12,787.320 kilómetros cuadrados. La precipitación anual promedio es de 1,020 milímetros y en ella se produce un escurrimiento medio anual de 2,230.620 millones de metros.

El río Ameca se origina a unos 25 kilómetros al oeste de la ciudad de Guadalajara, en la parte más elevada de la cuenca, unos 2,000 sobre el nivel medio del mar, con el nombre de río Salado, el cual sigue una dirección general suroeste, recibe las aguas del río Cocula y del río San Martín y a partir de este último punto toma el nombre de río Ameca. Ya con este nombre cambia de dirección hacia el oeste, sirviendo durante el resto de su recorrido como límite entre los estados de Jalisco y Nayarit; en este tramo recibe las aguas de varios afluentes siendo los principales los ríos Atenguillo y Ahuacatlán.

Aproximadamente donde se ubica la estación hidrométrica Pijinto, el río Ameca cambia nuevamente de dirección hacia el suroeste, enfilando hacia su desembocadura en el océano Pacífico, al noroeste de Puerto Vallarta, Jalisco. Poco antes de este punto, recibe a su afluente más importante, el río Mascota. Esta corriente nace en el extremo oeste del municipio Cuautla en el sitio denominado La Cumbre de Guadalupe, y en su recorrido, en dirección general noroeste, tiene como afluente principal al río Talpa.

RH26. Panúco

La Región Hidrológica Número 26 Pánuco tiene una superficie de 97,195.727 kilómetros cuadrados desde su nacimiento en el Valle de México hasta la desembocadura del cauce principal en el Golfo de México. La Región Hidrológica comprende principalmente parte de la Ciudad de México y los estados de Guanajuato, Hidalgo, México, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, así como pequeñas porciones de los estados de Nuevo León, Puebla y Tlaxcala. Para fines de gestión del recurso hídrico superficial, la Región Hidrológica Número 26 Pánuco se ha dividido en 77 cuencas hidrológicas, cuyo escurrimiento medio anual es de 20,223.564 millones de metros cúbicos.

La Región Hidrológica Número 26 Pánuco se divide en dos subregiones hidrológicas, la Subregión Hidrológica Valle de México-Río Tula, que abarca desde los orígenes de las corrientes que forman el río Tula hasta donde actualmente se ubica la presa Zimapán, y la Subregión Hidrológica Río Pánuco que va desde el embalse de la presa Zimapán hasta la descarga del río Pánuco en el Golfo de México. La primera subregión comprende 13 de las 77 cuencas hidrológicas de la Región Hidrológica Número 26 Pánuco y las restantes 64 conforman la Subregión Hidrológica Río Pánuco. El área de estudio corresponde a las 64 cuencas hidrológicas que integran la Subregión Hidrológica Río Pánuco, misma que tiene una extensión de 81,250.879 kilómetros cuadrados, una precipitación anual promedio que oscila entre 614.4 y 1,148.7 milímetros, y un escurrimiento medio anual de 19,117.228 millones de metros cúbicos.

A PÚBLICA





- **Cuencas Hidrológicas (CH)**

Dentro de la RE se reporta una incidencia de 9 Cuencas Hidrológicas (CH), de las cuales las que presentan las mayores incidencias fueron la RH12I-R. Verde Grande con un 35.8666 % de incidencia, seguido de la RH12E-R. Santiago-Guadalajara con una incidencia del 32.1263 %, y en tercer lugar la RH12B-R. Lerma-Salamanca con una incidencia del 32.0070 %. Las 6 CH restantes presentan incidencias residuales inferiores al 1 % de la superficie total. En el caso del AP, se incide dentro de 3 CH, de las cuales la que presenta la mayor ocupación es la RH12B-R. Lerma-Salamanca con un 54.95 %, seguido de la RH12I-R. Verde Grande con un 31.53 % y la RH12E-R. Santiago-Guadalajara con un 13.53 %.

Tabla III.86. Incidencia de las Cuencas Hidrográficas (CH) dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Cuencas Hidrográficas (CH)	Clave	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
RH12B	R. LERMA - SALAMANCA	6,286,883,288	32.00703982
RH12C	R. LERMA - CHAPALA	7.598978215	0.00000004
RH12D	L. CHAPALA	3.849367728	0.00000002
RH12E	R. SANTIAGO - GUADALAJARA	6310308817	32.12630111
RH12H	R. LAJA	2.386859321	0.00000001
RH12I	R. VERDE GRANDE	7044996983	35.86665898
RH12J	R. JUCHIPILA	0.107546132	0.00000000
RH14A	P. LA VEGA - COCULA	2.432467933	0.00000001
RH26C	R. TAMUÍN	0.211162724	0.00000000
Total		19,642,189,104	100.00

Tabla III.87. Incidencia de las Cuencas Hidrográficas (CH) dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Cuencas Hidrográficas (CH)	Clave	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
RH12B	R. LERMA - SALAMANCA	5,403,656	54.95
RH12E	R. SANTIAGO - GUADALAJARA	1,330,378	13.53
RH12I	R. VERDE GRANDE	3,100,438	31.53
Total		**9,834,472**	100.00

A PÚBLICA



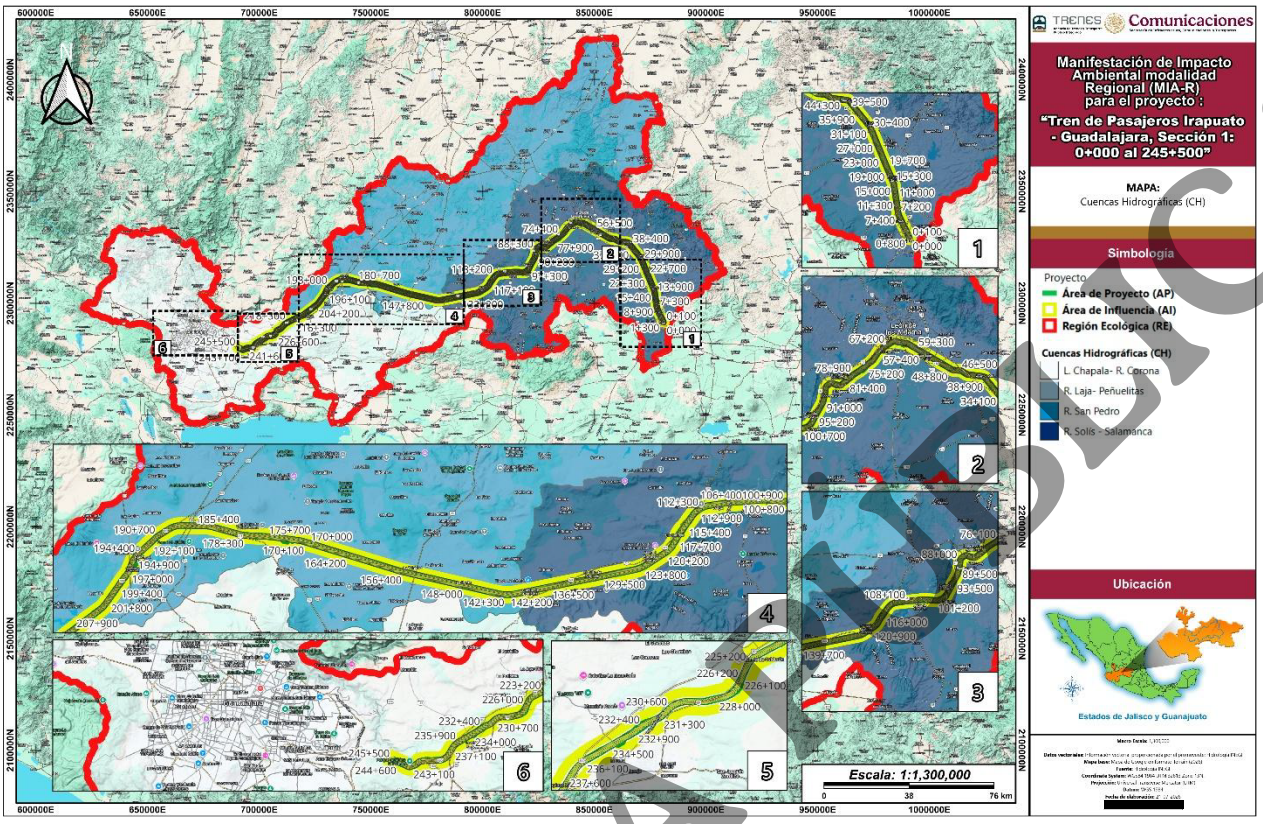


Figura III.91. Incidencia de las Cuencas Hidrológicas (CH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

- **Subcuencas Hidrológicas (SCH)**

Dentro de la RE se reporta una incidencia de 34 Subcuencas Hidrológicas (SCH), de las cueles 3 reportan los mayores porcentajes de incidencias conforme a lo siguiente: la RH12Ig-R. de los Lagos con un 22.4586 %, RH12Bd-R. Guanajuato con un 15.5847 %, y la RH12Ec con un 9.8570 %. El resto de SCH presentan incidencias menores al 9 %.

Para el caso del AP, se incide sobre 8 Subcuencas Hidrológicas (SCH), de las cuales la que ocupa la mayor superficie corresponde a la RH12Be-R. Turbio-P. Palote en un 20.55 %, seguida de la RH12Bf- R. Turbio-Manuel Doblado con 17.50 %, y en tercer lugar la RH12Bd-R. Guanajuato con un 16.89 %. El resto de SCH presentan incidencias menores al 16 %

Tabla III.88. Incidencia de las Subcuencas Hidrográficas (SCH) dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Subcuencas Hidrográficas (SCH)	Clave	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
RH12Bb	R. Salamanca - R. Ángulo	0.91	0.0000000046
RH12Bc	A. Temascatío	1.97	0.0000000100
RH12Bd	R. Guanajuato	3,061,178,695.69	15.5847124750
RH12Be	R. Turbio - P. Palote	1,683,750,877.88	8.5721141821
RH12Bf	R. Turbio - Manuel Doblado	1,541,953,707.61	7.8502131276
RH12Bg	R. Turbio - Corralejo	3.76	0.0000000191
RH12Ca	R. Ángulo - R. Briseñas	5.35	0.0000000273
RH12Cb	R. Briseñas - L. Chapala	0.58	0.0000000030
RH12Ce	R. Huascato	1.66	0.0000000085
RH12Db	L. Chapala	2.51	0.0000000128
RH12Dc	L. de San Marcos	1.34	0.0000000068
RH12Ea	L. Chapala- R. Corona	2.67	0.0000000136
RH12Eb	R. Corona- R. Verde	1,494,296,237.60	7.6075850287

2026 año de Margarita Maza

Subcuencas Hidrográficas (SCH)	Clave	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
RH12Ec	R. Verde- P. Santa Rosa	1,936,149,085.67	9.8570942139
RH12Ed	P. Santa Rosa - R. Bolaños	0.43	0.0000000022
RH12Ee	R. Zula	1,818,665,222.81	9.2589742068
RH12Ef	R. La Laja	329,391,606.11	1.6769597541
RH12Eg	R. Calderón	731,806,660.85	3.7256878903
RH12Eh	R. Gigantes	0.64	0.0000000033
RH12Ei	R. Cuixtla	0.03	0.0000000001
RH12Ej	R. Chico	0.12	0.0000000006
RH12Ha	R. Laja- Peñuelitas	2.39	0.0000000122
RH12Ib	R. Aguascalientes	0.01	0.000000000045
RH12Ic	R. Verde Grande	0.95	0.0000000048
RH12Id	R. Tepatitlán	466,431,905.97	2.3746431902
RH12Ie	R. del Valle	1,048,387,273.02	5.3374258208
RH12If	R. San Miguel	1,118,810,684.07	5.6959571977
RH12Ig	R. de los Lagos	4,411,367,117.84	22.4586327646
RH12Ih	R. Grande	0.17	0.0000000008
RH12Ii	R. Encarnación	0.27	0.0000000014
RH12Im	C. C. Ocampo	0.58	0.0000000030
RH12Jc	R. Juchipila - Moyahua	0.11	0.0000000005
RH14Ab	R. Salado	2.43	0.0000000124
RH26Ci	R. Santa María Alto	0.21	0.0000000011
Total		19,642,189,104	100.00

Tabla III.89. Incidencia de las Subcuencas Hidrográficas (SCH) dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia.

Subcuencas Hidrográficas (SCH)	Clave	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
RH12Bd	R. Guanajuato	1,661,221	16.89
RH12Be	R. Turbio - P. Palote	2,021,013	20.55
RH12Bf	R. Turbio - Manuel Doblado	1,721,422	17.50
RH12Eb	R. Corona- R. Verde	130,388	1.33
RH12Ef	R. La Laja	672,751	6.84
RH12Eg	R. Calderón	527,239	5.36
RH12Id	R. Tepatitlán	1,535,543	15.61
RH12Ie	R. del Valle	1,564,895	15.91
Total		9,834,472	100.00

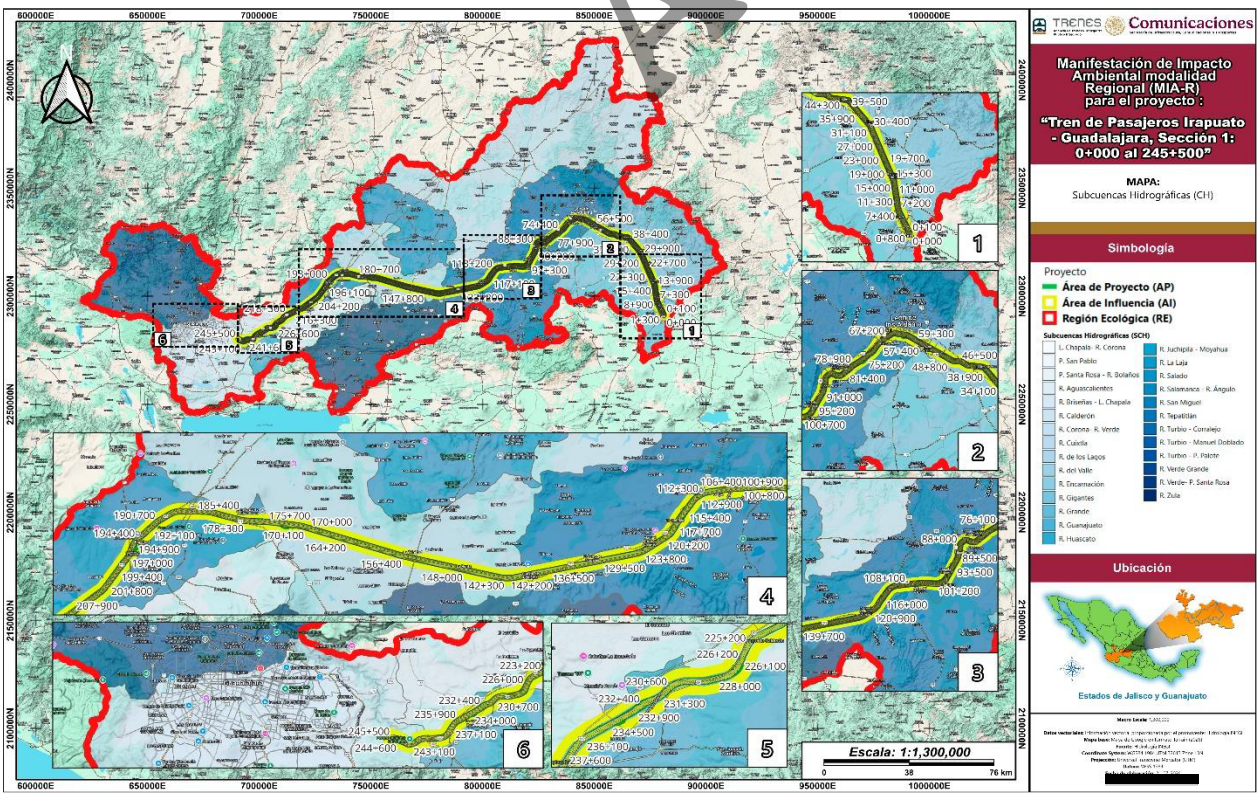


Figura III.92. Incidencia de las Subcuencas Hidrográficas (SCH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

2026 año de Margarita Maza

VERSIÓN PÚBLICA



III.5.2. Cuerpos de agua superficiales

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Cuerpos de agua. INEGI – Cartografía Hidrográfica Nacional. 1:250,000.

Dentro de la RE, se presentan 333 tipos de cuerpos de agua superficiales que representan juntos en 212,795,141 m² (1.083 %) de la superficie total de la RE. De ellos, 227 corresponden a cuerpos de agua intermitentes, 95 a cuerpos de agua permanente, 4 a corrientes permanentes, 2 a corrientes intermitentes, 1 a claros, 1 a estanques, 1 estanque de desechos, 1 a jale o terrero y 1 a zona sujeta de inundación.

Tabla III.90. Cantidad de cuerpos de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de cuerpo de agua	Cantidad de cuerpos de agua	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Claro	1	235,508	0.001
Corriente intermitente	2	1,650,464	0.008
Corriente permanente	4	11,449,276	0.058
Cuerpos de agua intermitente	227	92,599,792	0.471
Cuerpos de agua permanente	95	95,036,816	0.484
Estanque	1	25,648	0.000
Estanque de desechos	1	69,747	0.000
Jale o terrero	1	567,561	0.003
Zona sujeta a inundación	1	11,160,602	0.057
Sin incidencia		19,429,393,690	98.917
Total		**19,642,189,104**	**100.000**

Tabla III.91. Incidencia de cuerpos de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Nombre del cuerpo de agua	Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m²)
Bordo Arroyo Hondo	Cuerpos de agua intermitente	18,861
Bordo Barrancas	Cuerpos de agua intermitente	74,731
Bordo Camaleón	Cuerpos de agua intermitente	98,606
Bordo Canta Ranas	Cuerpos de agua intermitente	154,018
Bordo Catarino	Cuerpos de agua intermitente	140,934
Bordo Chiquiras	Cuerpos de agua intermitente	129,974
Bordo Ciego	Cuerpos de agua intermitente	169,798
Bordo Comanjilla	Cuerpos de agua intermitente	147,703
Bordo Concho	Cuerpos de agua intermitente	16,684
Bordo de Arriba	Cuerpos de agua intermitente	45,511
Bordo del Alba	Cuerpos de agua intermitente	43,742
Bordo del Valle	Cuerpos de agua intermitente	31,882
Bordo del Viudo	Cuerpos de agua intermitente	148,807
Bordo Don Marcos	Cuerpos de agua intermitente	63,552
Bordo Don Pascual	Cuerpos de agua intermitente	113,340
Bordo El Banco	Cuerpos de agua intermitente	292,377
Bordo El Burral	Cuerpos de agua permanente	89,997
Bordo El Carretero	Cuerpos de agua intermitente	70,285
Bordo El Chimulco	Cuerpos de agua intermitente	147,403
Bordo El Cuije	Cuerpos de agua intermitente	658,555
Bordo El Gallo	Cuerpos de agua permanente	32,488
Bordo El Gato	Cuerpos de agua intermitente	69,280
Bordo El Gigante	Cuerpos de agua intermitente	108,241
Bordo El Hospital	Cuerpos de agua intermitente	43,726
Bordo El Istafiate	Cuerpos de agua intermitente	47,393
Bordo El Jaral	Cuerpos de agua intermitente	154,002
Bordo El Jardín	Cuerpos de agua intermitente	121,338
Bordo El Mastranzo	Cuerpos de agua intermitente	762,792
Bordo El Mayal	Cuerpos de agua intermitente	8,915
Bordo El Molino	Cuerpos de agua intermitente	274,689
Bordo El Muerto	Cuerpos de agua intermitente	96,153
Bordo El Ocote	Cuerpos de agua intermitente	251,277
Bordo El Olivo	Cuerpos de agua intermitente	38,722
Bordo El Pedernal	Cuerpos de agua permanente	92,744
Bordo El Pino	Cuerpos de agua intermitente	53,568
Bordo El Pizcador	Cuerpos de agua intermitente	46,723
Bordo El Plan	Cuerpos de agua permanente	246,034
Bordo El Porvenir	Cuerpos de agua intermitente	519,449
Bordo El Potrero	Cuerpos de agua intermitente	274,759
Bordo El Ranchito	Cuerpos de agua intermitente	111,314
Bordo El Ranero	Cuerpos de agua intermitente	143,071

A PÚBLICA





Nombre del cuerpo de agua	Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m²)
Bordo El Realejo	Cuerpos de agua intermitente	12,910
Bordo El Refugio	Cuerpos de agua intermitente	491,052
Bordo El Rosario	Cuerpos de agua intermitente	34,458
Bordo El Salto	Cuerpos de agua intermitente	195,579
Bordo El Sáuz	Cuerpos de agua intermitente	111,011
Bordo El Suspiro	Cuerpos de agua permanente	85,815
Bordo El Tajo	Cuerpos de agua intermitente	78,383
Bordo El Tecolote	Cuerpos de agua intermitente	27,273
Bordo El Terrero	Cuerpos de agua intermitente	73,389
Bordo El Tesoro	Cuerpos de agua intermitente	48,531
Bordo El Traspatio	Cuerpos de agua intermitente	53,765
Bordo El Trigo	Cuerpos de agua intermitente	329,198
Bordo El Tule	Cuerpos de agua permanente	709,653
Bordo El Vallado	Cuerpos de agua intermitente	559,047
Bordo El Varal	Cuerpos de agua intermitente	43,204
Bordo El Verde	Cuerpos de agua permanente	282,208
Bordo El Zacate	Cuerpos de agua intermitente	33,478
Bordo El Zorrillo	Cuerpos de agua intermitente	71,677
Bordo Esperanza	Cuerpos de agua intermitente	98,771
Bordo Galera	Cuerpos de agua intermitente	31,057
Bordo Gálvez	Cuerpos de agua intermitente	171,434
Bordo Garabatillo	Cuerpos de agua intermitente	28,737
Bordo Grande	Cuerpos de agua intermitente	92,210
Bordo Grande	Cuerpos de agua permanente	417,674
Bordo Guadalajarita	Cuerpos de agua intermitente	51,463
Bordo Guadalupe	Cuerpos de agua intermitente	839,118
Bordo Halconeros	Cuerpos de agua intermitente	49,103
Bordo Jalisco	Cuerpos de agua intermitente	182,323
Bordo La Alfalfa	Cuerpos de agua intermitente	53,952
Bordo La Blanca	Cuerpos de agua permanente	134,852
Bordo La Campana	Cuerpos de agua intermitente	25,570
Bordo La Cascarona	Cuerpos de agua intermitente	37,473
Bordo La Cofradía	Cuerpos de agua intermitente	66,335
Bordo La Concepción	Cuerpos de agua intermitente	145,067
Bordo La Cruz	Cuerpos de agua intermitente	161,518
Bordo La Cuatralba	Cuerpos de agua intermitente	49,644
Bordo La Esperanza	Cuerpos de agua intermitente	127,783
Bordo La Estancia de Abajo	Cuerpos de agua intermitente	31,903
Bordo La Gallina	Cuerpos de agua intermitente	133,184
Bordo La Grulla	Cuerpos de agua intermitente	689,746
Bordo La Herradura	Cuerpos de agua intermitente	18,433
Bordo La Joya	Cuerpos de agua intermitente	246,571
Bordo La Laguna Seca	Cuerpos de agua permanente	385,723
Bordo La Luz	Cuerpos de agua intermitente	180,716
Bordo La Mojina	Cuerpos de agua intermitente	54,726
Bordo La Presa	Cuerpos de agua permanente	332,896
Bordo La Presita	Cuerpos de agua intermitente	168,319
Bordo La Punta	Cuerpos de agua intermitente	170,833
Bordo La Rana	Cuerpos de agua intermitente	64,490
Bordo La Recibidora	Cuerpos de agua intermitente	112,175
Bordo La Reyenada	Cuerpos de agua intermitente	16,306
Bordo La Soledad	Cuerpos de agua intermitente	67,506
Bordo La Venta	Cuerpos de agua intermitente	48,810
Bordo Laguna El Carmen	Cuerpos de agua intermitente	34,562
Bordo Laguna El Desierto	Cuerpos de agua intermitente	115,575
Bordo Laguna El Pino	Cuerpos de agua intermitente	25,633
Bordo Laguna Los Caballos	Cuerpos de agua intermitente	27,565
Bordo Las Azules	Cuerpos de agua intermitente	94,649
Bordo Las Cenizas	Cuerpos de agua intermitente	62,640
Bordo Las Chachas	Cuerpos de agua intermitente	104,184
Bordo Las Conchas	Cuerpos de agua intermitente	47,358
Bordo Las Cuevas	Cuerpos de agua intermitente	74,522
Bordo Las Espinas	Cuerpos de agua intermitente	30,051
Bordo Las Huertitas	Cuerpos de agua intermitente	71,618
Bordo Las Mulas	Cuerpos de agua intermitente	122,943
Bordo Las Presitas	Cuerpos de agua intermitente	25,052
Bordo Las Ratas	Cuerpos de agua permanente	39,792
Bordo Las Tortugas	Cuerpos de agua permanente	53,894
Bordo Latillas	Cuerpos de agua intermitente	71,014
Bordo Leonor	Cuerpos de agua intermitente	75,593
Bordo Linderos	Cuerpos de agua intermitente	12,530
Bordo Los ardillos	Cuerpos de agua permanente	31,376
Bordo Los Caballos	Cuerpos de agua intermitente	52,750
Bordo Los Charcos	Cuerpos de agua intermitente	75,346
Bordo Los Griegos	Cuerpos de agua intermitente	194,953
Bordo Los Lozano	Cuerpos de agua intermitente	19,086
Bordo Los Patos	Cuerpos de agua intermitente	86,960
Bordo Los Sauces	Cuerpos de agua intermitente	116,292
Bordo Nuevo	Cuerpos de agua intermitente	469,602
Bordo Nuevo	Cuerpos de agua permanente	72,975
Bordo Potrerillos	Cuerpos de agua intermitente	136,986
Bordo Presa Nueva	Cuerpos de agua intermitente	124,649
Bordo Puerta de Los Carros	Cuerpos de agua intermitente	262,379
Bordo Quemado	Cuerpos de agua intermitente	54,560

REPÚBLICA





Nombre del cuerpo de agua	Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m²)
Bordo Rancho Seco	Cuerpos de agua intermitente	26,512
Bordo Salvador Soto	Cuerpos de agua permanente	76,018
Bordo San Agustín	Cuerpos de agua intermitente	175,822
Bordo San Alejandro	Cuerpos de agua intermitente	169,509
Bordo San Ángel	Cuerpos de agua intermitente	99,555
Bordo San Antonio	Cuerpos de agua intermitente	83,637
Bordo San Gregorio	Cuerpos de agua intermitente	44,737
Bordo San Isidro	Cuerpos de agua intermitente	21,354
Bordo San Joaquín	Cuerpos de agua intermitente	636,258
Bordo San Juan	Cuerpos de agua intermitente	177,973
Bordo San Pedro	Cuerpos de agua intermitente	35,925
Bordo San Rafael	Cuerpos de agua intermitente	137,388
Bordo San Román	Cuerpos de agua intermitente	32,060
Bordo San Sebastián	Cuerpos de agua intermitente	25,611
Bordo Santa Bárbara	Cuerpos de agua intermitente	34,031
Bordo Santa Elena	Cuerpos de agua intermitente	1,510,591
Bordo Santa Teresa	Cuerpos de agua intermitente	60,613
Bordo Santana	Cuerpos de agua intermitente	145,986
Bordo Tampico	Cuerpos de agua intermitente	134,435
Bordo Vallado Blanco	Cuerpos de agua intermitente	523,826
Bordo Verdín	Cuerpos de agua intermitente	22,442
Bordos de Palo Alto	Cuerpos de agua intermitente	452,845
Bordos El Guayabo	Cuerpos de agua intermitente	471,541
Bordos El Trino	Cuerpos de agua intermitente	565,048
Bordos Ezequiel	Cuerpos de agua intermitente	205,572
Bordos La Mina	Cuerpos de agua intermitente	92,214
Bordos La Soledad	Cuerpos de agua intermitente	710,864
Bordos Santa Emilia	Cuerpos de agua intermitente	55,703
Estanque Regulador	Estanque	25,648
Lago El Lagunazo	Cuerpos de agua permanente	341,968
Laguna Blanca	Cuerpos de agua intermitente	626,581
Laguna Colorada	Cuerpos de agua permanente	155,491
Laguna Copalita	Cuerpos de agua intermitente	158,848
Laguna de Cajititlan	Cuerpos de agua permanente	7,731,730
Laguna de Cajititlán	Cuerpos de agua permanente	3,324,967
Laguna El Bochorno	Cuerpos de agua intermitente	38,643
Laguna El Pato	Cuerpos de agua intermitente	94,151
Laguna El Salitre	Cuerpos de agua intermitente	766,619
Laguna Jalapa	Cuerpos de agua intermitente	1,392,035
Laguna La Prtida	Cuerpos de agua intermitente	93,724
Laguna Las Amarillas	Cuerpos de agua permanente	32,452
Laguna Las Lagunitas	Cuerpos de agua intermitente	57,204
Laguna Los Chilitos	Cuerpos de agua intermitente	75,419
Laguna Los Patos	Cuerpos de agua intermitente	33,403
Laguna Prieta	Cuerpos de agua intermitente	936,840
Laguna San Juan	Cuerpos de agua intermitente	1,012,694
Laguna San Ramón	Cuerpos de agua intermitente	453,546
Laguna San Vicente	Cuerpos de agua intermitente	66,063
Laguna Saucez	Cuerpos de agua permanente	510,958
Laguna Villegas	Cuerpos de agua intermitente	100,155
Lagunas Cuatas	Cuerpos de agua intermitente	23,557
Presa Alcalá	Cuerpos de agua permanente	457,972
Presa Ave María	Cuerpos de agua intermitente	43,876
Presa Bellavista	Cuerpos de agua intermitente	239,859
Presa Bómbela	Cuerpos de agua permanente	154,486
Presa Canoas	Cuerpos de agua intermitente	38,339
Presa Cañada Grande	Cuerpos de agua permanente	40,464
Presa Cañaditas	Cuerpos de agua permanente	280,640
Presa Capulines	Cuerpos de agua intermitente	70,164
Presa Carricillo	Cuerpos de agua intermitente	831,776
Presa Chero	Cuerpos de agua intermitente	61,576
Presa Chica	Cuerpos de agua intermitente	98,288
Presa Cieneguilla	Cuerpos de agua intermitente	376,372
Presa Corral Blanco	Cuerpos de agua permanente	183,082
Presa Cruz Blanca	Cuerpos de agua permanente	295,037
Presa de Arriba	Cuerpos de agua intermitente	60,616
Presa de Cañada	Cuerpos de agua intermitente	219,520
Presa de Duarte	Cuerpos de agua permanente	325,635
Presa de Echeveste	Cuerpos de agua intermitente	414,055
Presa de Guadalupe	Cuerpos de agua intermitente	621,347
Presa de Jesús	Cuerpos de agua permanente	141,799
Presa de Piedra	Cuerpos de agua intermitente	1,430,227
Presa de Silva	Cuerpos de agua intermitente	850,847
Presa Dolores	Cuerpos de agua intermitente	40,006
Presa El Ahogado	Cuerpos de agua intermitente	5,519,208
Presa El Barrial	Cuerpos de agua intermitente	541,358
Presa El Barrial	Cuerpos de agua permanente	1,316,199
Presa El Cajón	Cuerpos de agua intermitente	280,026
Presa El Chayote	Cuerpos de agua intermitente	54,982
Presa El Cuarenta	Cuerpos de agua permanente	2,729,932
Presa El Cuervo	Cuerpos de agua permanente	409,925
Presa El Cuscucillo	Cuerpos de agua permanente	132,290
Presa El Durazno	Cuerpos de agua permanente	179,276
Presa El Guayabo	Cuerpos de agua permanente	309,981

REPÚBLICA





Nombre del cuerpo de agua	Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m²)
Presa El Huizache	Cuerpos de agua permanente	98,821
Presa El Jaralito	Cuerpos de agua intermitente	302,807
Presa El Jihuite	Cuerpos de agua permanente	696,273
Presa El Maguey	Cuerpos de agua permanente	43,792
Presa El Maleno	Cuerpos de agua intermitente	303,097
Presa El Mezquite	Cuerpos de agua permanente	573,556
Presa El Molino	Cuerpos de agua permanente	318,020
Presa El Palenque	Cuerpos de agua intermitente	47,720
Presa El Palote	Cuerpos de agua permanente	2,616,540
Presa El Potrero Colorado	Cuerpos de agua permanente	371,659
Presa El Pozo	Cuerpos de agua permanente	352,286
Presa El Ranchito	Cuerpos de agua intermitente	156,587
Presa El Refugio	Cuerpos de agua intermitente	68,219
Presa El Rey	Cuerpos de agua intermitente	555,542
Presa El Rosario	Cuerpos de agua intermitente	93,799
Presa El Salto	Cuerpos de agua permanente	9,074,213
Presa El Sauz	Cuerpos de agua permanente	1,376,873
Presa El Sitio	Cuerpos de agua permanente	999,907
Presa El Terremote	Cuerpos de agua permanente	32,346
Presa El Tigre	Cuerpos de agua permanente	245,357
Presa El Torreón	Cuerpos de agua intermitente	193,888
Presa El Tule	Cuerpos de agua permanente	3,611,523
Presa El Vergel	Cuerpos de agua permanente	99,540
Presa El Zapote	Cuerpos de agua intermitente	61,351
Presa El Zapote	Cuerpos de agua permanente	983,157
Presa Escondida	Cuerpos de agua intermitente	71,636
Presa Grande	Cuerpos de agua intermitente	353,107
Presa Ibarra	Cuerpos de agua intermitente	216,898
Presa Ingeniero Elias González	Cuerpos de agua permanente	9,424,833
Presa Jalostotitlán	Cuerpos de agua permanente	627,278
Presa Jarillas	Cuerpos de agua intermitente	95,762
Presa La Aguililla	Cuerpos de agua intermitente	385,947
Presa La Arena	Cuerpos de agua intermitente	319,512
Presa La Aurora	Cuerpos de agua intermitente	203,297
Presa La Cantera	Cuerpos de agua permanente	418,840
Presa La Carretilla	Cuerpos de agua intermitente	474,421
Presa La Charca	Cuerpos de agua permanente	403,756
Presa La Cienega	Cuerpos de agua permanente	1,003,837
Presa La Colmena	Cuerpos de agua permanente	212,432
Presa La Escondida	Cuerpos de agua intermitente	258,943
Presa La Esperanza	Cuerpos de agua intermitente	146,307
Presa La Garza	Cuerpos de agua intermitente	588,720
Presa La Hacienda	Cuerpos de agua intermitente	102,593
Presa La Joya	Cuerpos de agua permanente	1,271,806
Presa La Laborcita	Cuerpos de agua permanente	275,620
Presa La LLave	Cuerpos de agua permanente	2,111,920
Presa La Merced	Cuerpos de agua permanente	457,583
Presa La Mojina	Cuerpos de agua intermitente	36,629
Presa La Ordeña	Cuerpos de agua permanente	298,279
Presa La Partida	Cuerpos de agua permanente	901,942
Presa La Peregrina	Cuerpos de agua permanente	29,149
Presa La Primavera	Cuerpos de agua intermitente	432,098
Presa La Purísima	Cuerpos de agua permanente	5,371,738
Presa La Red	Cuerpos de agua permanente	2,191,096
Presa La Rucia	Cuerpos de agua intermitente	825,073
Presa La Sauceda	Cuerpos de agua permanente	2,296,831
Presa La Soledad	Cuerpos de agua permanente	262,129
Presa La Tinaja	Cuerpos de agua permanente	86
Presa Lagunillas	Cuerpos de agua permanente	1,822,188
Presa Las hornillas	Cuerpos de agua permanente	149,047
Presa Las Pintas	Cuerpos de agua permanente	679,118
Presa Las Pomas	Cuerpos de agua intermitente	14,031
Presa Las Tortugas	Cuerpos de agua permanente	158,756
Presa Los Agraristas	Cuerpos de agua permanente	293,956
Presa Los Lavaderos	Cuerpos de agua permanente	26,188
Presa Los Patos	Cuerpos de agua intermitente	87,155
Presa Los Ranchos	Cuerpos de agua intermitente	55,245
Presa Los Ruíz	Cuerpos de agua intermitente	78,152
Presa Los Torres	Cuerpos de agua intermitente	20,887
Presa Mata	Cuerpos de agua permanente	183,259
Presa Molino de Las Trojes	Cuerpos de agua intermitente	442,296
Presa Nana Ángela	Cuerpos de agua intermitente	373,758
Presa Nueva de Jalpa	Cuerpos de agua permanente	2,776,537
Presa Ocotillo	Cuerpos de agua permanente	82,126
Presa Ornelas	Cuerpos de agua permanente	98,568
Presa Peñas de León	Cuerpos de agua permanente	1,030,213
Presa Potrerillos	Cuerpos de agua intermitente	38,316
Presa Potrerillos	Cuerpos de agua permanente	1,279,270
Presa Pretil Chico	Cuerpos de agua intermitente	104,333
Presa Pretil Grande	Cuerpos de agua intermitente	306,156
Presa Primero de Mayo	Cuerpos de agua intermitente	282,826
Presa Ramírez	Cuerpos de agua intermitente	140,150
Presa Rancho La Virgen	Cuerpos de agua intermitente	109,297
Presa Sabindas	Cuerpos de agua permanente	157,894

REPÚBLICA





Nombre del cuerpo de agua	Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m²)
Presa San Andrés	Cuerpos de agua permanente	305,883
Presa San Ángel	Cuerpos de agua intermitente	68,646
Presa San Antonio	Cuerpos de agua intermitente	2,061,409
Presa San Antonio	Cuerpos de agua permanente	667,874
Presa San Francisco	Cuerpos de agua intermitente	1,027,731
Presa San Gabriel	Cuerpos de agua permanente	29,745
Presa San Germán	Cuerpos de agua intermitente	77,123
Presa San Gonzalo	Cuerpos de agua permanente	35,517
Presa San Isidro	Cuerpos de agua permanente	1,675,526
Presa San José	Cuerpos de agua intermitente	1,733,705
Presa San José	Cuerpos de agua permanente	529,599
Presa San Miguel	Cuerpos de agua intermitente	1,471,991
Presa San Miguel	Cuerpos de agua permanente	53,653
Presa San Miguel El Alto	Cuerpos de agua permanente	686,100
Presa San Nicolás	Cuerpos de agua intermitente	203,394
Presa San Pablo	Cuerpos de agua intermitente	132,856
Presa Santa Elena	Cuerpos de agua intermitente	106,308
Presa Santa Hortensia	Cuerpos de agua intermitente	252,853
Presa Santa Isabel	Cuerpos de agua permanente	279,228
Presa Santa Regina	Cuerpos de agua intermitente	183,189
Presa Santa Rita	Cuerpos de agua intermitente	181,296
Presa Santa Rosa	Cuerpos de agua permanente	6,227,559
Presa Santo Tomas	Cuerpos de agua intermitente	47,203
Presa Sarteneta	Cuerpos de agua intermitente	45,341
Presa Tierra Dentro	Cuerpos de agua intermitente	81,375
Presa Vieja de Jalpa	Cuerpos de agua permanente	1,231,191
Presa Villegas	Cuerpos de agua intermitente	88,643
Río Grande de Santiago	Corriente permanente	10,109,331
Río Guanajuato	Corriente intermitente	1,563,315
Río Turbio	Corriente permanente	627,514
Río Turbio	Cuerpos de agua intermitente	20,715
Río Verde	Corriente permanente	39,916
Río Zula	Corriente permanente	672,516
Sin nombre 1	Claro	235,508
Sin nombre 2	Corriente intermitente	87,149
Sin nombre 3	Cuerpos de agua intermitente	37,436,026
Sin nombre 4	Cuerpos de agua permanente	3,386,380
Sin nombre 5	Estanque de desechos	69,747
Sin nombre 6	Jale o terrero	567,561
Sin nombre 7	Zona sujeta a inundación	11,160,602

Para el caso del Área del Proyecto (AP), se reporta la presencia de 4 cuerpos de agua con una incidencia de 30,344 m² (0.3 %) de la superficie total. Estos se clasifican en 2 cuerpos de agua intermitente, 1 permanente y 1 corriente de agua permanente.

Tabla III.92. Cantidad de cuerpos de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de cuerpo de agua	Cantidad de cuerpos de agua	Superficie de incidencia (m²)	Porcentaje de incidencia (%)
Corriente permanente	1	560	0.00569
Cuerpo de agua intermitente	2	29,782	0.30283
Cuerpo de agua permanente	1	2	0.00002
Sin incidencia		9,804,128	99.69145
Total		**9,834,472**	**100**

Tabla III.93. Incidencia de cuerpos de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Nombre del cuerpo de agua	Tipo de cuerpo de agua	Superficie de incidencia (m²)
Bordo La Luz	Cuerpos de agua intermitente	23,105
Presa Vieja de Jalpa	Cuerpos de agua intermitente	2
Río Grande de Santiago	Cuerpos de agua permanente	560
Sin nombre	Cuerpos de agua intermitente	6,677

CONSULTA PÚBLICA





III.5.3. Corrientes de agua superficiales

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Corrientes de agua. INEGI – Cartografía Hidrográfica Nacional. 1:250,000.

Dentro de la RE se distribuyen 6,154 corrientes de agua superficiales, de los cuales los que adquirieron una mayor incidencia son los arroyos y de corrientes intermitentes con 2,376, seguida de las corrientes de agua de límites de lagos, lagunas y presas, mientras que el de menor incidencia se presentan por las Islas.

Tabla III.94. Cantidad de corrientes de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de corriente de agua	Tipo	Cantidad de incidencias
Acueducto subterráneo	Acueducto	91
Acueductos varios	Acueducto	15
Arroyos y de corrientes intermitentes	Corriente intermitente	2,376
Bordo (reparo de mampostería permanente para la retención de agua)	Bordo	12
Bordo (reparo de tierra, césped para la retención de agua)	Bordo	901
Canales de irrigación	Canal	347
Corrientes dobles intermitentes	Corriente intermitente	14
Cortina (construcción de mampostería para presas)	Otro tipo	301
Islas	Isla	5
Límite de terrenos sujetos a inundación	Cuerpo de agua intermitente	32
Límites de lagos, lagunas y presas permanentes	Cuerpo de agua intermitente	1,400
Límites de lagos, lagunas y presas permanentes	Cuerpo de agua perenne	299
Ríos y límites de corrientes perenes	Corriente perenne	184
Ríos y límites de corrientes perenes dobles	Corriente perenne	177
Total		**6,154**

***Para consultar la longitud de cada una de las corrientes de agua registradas se encuentra el Anexo de Corrientes de Agua.**

Para el Área del Proyecto (AP), se registró la incidencia de 63 corrientes de agua, de las cuales 34 correspondieron a Arroyos y de corrientes intermitentes, seguido de 8 Ríos y límites de corrientes perennes, 5 Límites de lagos, laguas y presas permanentes, 4 Acueductos subterráneos, 4 Canales de irrigación, 3 Acueductos varios, 2 Ríos y límites de corrientes perennes dobles, 1 a Límites de lagos, lagunas y presas permanentes (perennes).

Tabla III.95. Cantidad de corrientes de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de corriente de agua	Tipo	Cantidad de incidencias
Acueducto subterráneo	Acueducto	4
Acueductos varios	Acueducto	3
Arroyos y de corrientes intermitentes	Corriente intermitente	34
Bordo (reparo de tierra, césped para la retención de agua)	Bordo	2
Canales de irrigación	Canal	4
Límites de lagos, lagunas y presas permanentes	Cuerpo de agua intermitente	5
Límites de lagos, lagunas y presas permanentes	Cuerpo de agua perenne	1
Ríos y límites de corrientes perenes	Corriente perenne	8
Ríos y límites de corrientes perenes dobles	Corriente perenne	2
Total		**63**

Tabla III.96. Incidencia de corrientes de agua superficiales dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de corriente de agua	Nombre de la corriente de agua	Longitud (m)
Acueducto	N/A	2172
Acueducto	N/A	4714
Acueducto	N/A	5891
Acueducto	N/A	27923
Acueducto	N/A	3697
Acueducto	N/A	4696
Acueducto	N/A	11591
Bordo	Bordo-La Luz	279

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de corriente de agua	Nombre de la corriente de agua	Longitud (m)
Bordo	N/A	306
Canal	Canal Santa Ana del Conde	12338
Canal	N/A	2470
Canal	N/A	4835
Canal	N/A	6815
Corriente intermitente	A. Cajigal	19846
Corriente intermitente	A. Coachalates	879
Corriente intermitente	A. Coachalates	1667
Corriente intermitente	A. Coachalates	3316
Corriente intermitente	A. El Calabozo	13802
Corriente intermitente	A. El Cerro Grande	4992
Corriente intermitente	A. El Jaralillo	2541
Corriente intermitente	A. El Salto	4654
Corriente intermitente	A. El Salto	5878
Corriente intermitente	A. El Tigre	17382
Corriente intermitente	A. La Presa	12757
Corriente intermitente	A. Las Ánimas	1193
Corriente intermitente	A. Las Colmenas	1132
Corriente intermitente	A. San Diego	6068
Corriente intermitente	A. San Pablo	7482
Corriente intermitente	A. Tecolote	11478
Corriente intermitente	A. Tepatitlán	4369
Corriente intermitente	N/A	1081
Corriente intermitente	N/A	2090
Corriente intermitente	N/A	2399
Corriente intermitente	N/A	2493
Corriente intermitente	N/A	2811
Corriente intermitente	N/A	3010
Corriente intermitente	N/A	3793
Corriente intermitente	N/A	3850
Corriente intermitente	N/A	3868
Corriente intermitente	N/A	4065
Corriente intermitente	N/A	4285
Corriente intermitente	N/A	4402
Corriente intermitente	N/A	4654
Corriente intermitente	N/A	5742
Corriente intermitente	N/A	5756
Corriente intermitente	N/A	6385
Corriente intermitente	N/A	7375
Corriente perenne	Río Calderón	7911
Corriente perenne	Río Silao	11024
Corriente perenne	Río Tepalcates	3816
Corriente perenne	Río Zapotlanejo	1429
Corriente perenne	Río Zapotlanejo	3872
Corriente perenne	N/A	3223
Corriente perenne	N/A	3554
Corriente perenne	N/A	6782
Corriente perenne	Río Grande de Santiago	586
Corriente perenne	Río Grande de Santiago	1868
Cuepo de agua intermitente	Bordo-La Luz	792
Cuepo de agua intermitente	Bordo-La Luz	972
Cuepo de agua intermitente	N/A	751
Cuepo de agua intermitente	N/A	840
Cuepo de agua intermitente	N/A	1823
Cuepo de agua perenne	Presa-Vieja-de Jalpa	2196

CONSULTA PÚBLICA





III.5.4. Hidrología subterránea (acuíferos)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas (SIGACUA) https://sigagis.conagua.gob.mx/aprovechamientos/
Vector de origen: Acuíferos. CONAGUA. 1:250,000.

A través de la información de la capa disponibilidad de acuíferos por parte de la CONAGUA, así como su portal SIGACUA, se realizó la identificación de los acuíferos. Estos corresponden a 39 acuíferos de la RE abarcando 19,453,165,809 m² del área total (99.04 %). En ese sentido, los acuíferos que presentan la mayor incidencia dentro de la RE son el 1410-Lagos de Moreno con un 14.89 %, seguido del 1405-Ocotlán con un 10.34 %, y el 1113-Valle de León con un 6.70 %.

Para el Área del Proyecto (AP), se registró la incidencia en 11 acuíferos, de los cuales los que presentan una mayor incidencia fueron el denominado 1114-Río Turbio con un 16.05 % de ocupación, seguido del 1413-Altos de Jalisco con un 14.88 % y el 1444-San Diego de Alejandría con un 12.88 %.

Tabla III.97. Incidencia de acuíferos dentro de la RE de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración propia.

Clave	Nombre	Disponibilidad	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
1103	Ocampo	Con disponibilidad	940,725,558	4.79
1108	Cuenca Alta del Rio Laja	Sin disponibilidad	23,631,052	0.12
1110	Silao - Romita	Con disponibilidad	1,793,575,682	9.13
1111	La Muralla	Sin disponibilidad	221,367,640	1.13
1113	Valle de León	Sin disponibilidad	1,316,693,263	6.70
1114	Rio Turbio	Sin disponibilidad	1,085,235,622	5.53
1119	Irapuato - Valle	Sin disponibilidad	410,604,594	2.09
1120	Pénjamo - Abasolo	Sin disponibilidad	7,947,247	0.04
1401	Atemajac	Sin disponibilidad	732,835,964	3.73
1402	Toluquilla	Sin disponibilidad	629,537,161	3.21
1403	Cajititlán	Sin disponibilidad	527,215,250	2.68
1404	Poncitlán	Sin disponibilidad	34,311,506	0.17
1405	Ocotlan	Sin disponibilidad	2,030,988,681	10.34
1408	La Barca	Sin disponibilidad	23,345,272	0.12
1409	Ameca	Sin disponibilidad	5,956,089	0.03
1410	Lagos de Moreno	Sin disponibilidad	2,924,312,090	14.89
1411	El Muerto	Sin disponibilidad	79,687,240	0.41
1412	20 de noviembre	Con disponibilidad	357,268,145	1.82
1413	Altos de Jalisco	Sin disponibilidad	1,214,658,715	6.18
1414	Tepatitlán	Sin disponibilidad	363,406,930	1.85
1415	Jalostotitlán	Sin disponibilidad	1,151,082,630	5.86
1416	Valle de Guadalupe	Sin disponibilidad	736,208,397	3.75
1422	Encarnacion	Sin disponibilidad	43,501,379	0.22
1423	Primo Verdad	Con disponibilidad	15,424,027	0.08
1428	Chapala	Con disponibilidad	13,832,021	0.07
1435	Amatitlán	Sin disponibilidad	64,759,966	0.33
1436	Arenal	Sin disponibilidad	830,345,564	4.23
1444	San Diego de Alejandria	Sin disponibilidad	872,364,313	4.44
1445	San José de Las Pilas	Sin disponibilidad	436,946,404	2.22
1446	Cuquio	Sin disponibilidad	173,468,678	0.88
1447	Yahualica	Con disponibilidad	861,506	0.004
1448	Ojuelos	Con disponibilidad	924,762	0.005
1450	San Isidro	Sin disponibilidad	32,395,452	0.16
1451	Huejotitlán	Con disponibilidad	3,466,336	0.02
1453	Los Puentes	Sin disponibilidad	2,538,955	0.01
1456	San Martin de Bolaños	Con disponibilidad	315,179,234	1.60
1459	Jesús María	Sin disponibilidad	10,891,249	0.06
2412	Jaral de Berrios - Villa de Reyes	Sin disponibilidad	19,867,986	0.10
3231	Pinos	Con disponibilidad	5,803,249	0.03
Si información del vector			189,023,295	0.96
Total			**19,642,189,104**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.98. Incidencia de acuíferos dentro del AP de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración propia.

Clave	Nombre	Disponibilidad	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
1110	Silao-Romita	Con disponibilidad	1,100,528	11.19
1113	Valle de León	Sin disponibilidad	1,054,759	10.73
1114	Río Turbio	Sin disponibilidad	1,578,155	16.05
1119	Irapuato-Valle	Sin disponibilidad	109,158	1.11
1402	Toluquilla	Sin disponibilidad	111,720	1.14
1405	Ocotlán	Sin disponibilidad	706,909	7.19
1413	Altos de Jalisco	Sin disponibilidad	1,462,917	14.88
1414	Tepatitlán	Sin disponibilidad	1,267,103	12.88
1416	Valle de Guadalupe	Sin disponibilidad	878,997	8.94
1444	San Diego de Alejandría	Sin disponibilidad	1,112,417	11.31
1445	San José de Las Pilas	Sin disponibilidad	451,809	4.59
Total			**9,834,472**	**100.00**

A continuación, se presenta una breve descripción de los acuíferos con incidencia dentro del Área del Proyecto (AP) conforme al portal de la CONAGUA.

1110. Silao – Romita

El acuífero Silao-Romita, definido con la clave 1110 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en el extremo centro-occidental del estado de Guanajuato, entre los paralelos 20°42' y 21°13' de latitud norte y los meridianos 101°04' y 101°45' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 1,881 km2 . Limita al norte y este con el acuífero Cuenca Alta del Río Laja, al sur con Irapuato-Valle, al suroeste con Pénjamo-Abasolo y La Muralla, al oeste con el acuífero Valle de León, todos ellos pertenecientes al estado de Guanajuato. Geopolíticamente, la superficie del acuífero comprende la mayor parte de los municipios de Guanajuato, Silao y Romita, así como porciones menores de León, San Felipe, Manuel Doblado, Irapuato, Abasolo y Dolores Hidalgo.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 280.0 - 0.0 - 174.953879$$

$$DMA = 105.046121 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones 105,046,121 m³ anuales.

CONSULTA PÚBLICA



1113. Valle de León

El acuífero Valle de León, definido con la clave 1113 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en el extremo centro-occidental del estado de Guanajuato, en el límite con el estado de Jalisco, entre los paralelos 20°52' y 21°21' de latitud norte y los meridianos 101°25' y 101°50' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 1,321 km2 . Limita al norte con el acuífero Ocampo, al noreste con Cuenca Alta del Río Laja, al sur y sureste con Silao-Romita, al sur con La Muralla, al suroeste con Río Turbio; todos ellos pertenecientes al estado de Guanajuato; al oeste con San Diego de Alejandría y al noroeste con Lagos de Moreno, que pertenecen al estado de Jalisco. Geopolíticamente, el acuífero comprende casi la totalidad del municipio de León, porciones menores de Silao y Romita, así como pequeñas áreas de los municipios San Francisco del Rincón, Guanajuato y San Felipe.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 124.5 - 0.0 - 186.138096$$

$$DMA = -61.638096 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es 61,638,096 m^3 anuales.

1114. Río Turbio

El acuífero Río Turbio, definido con la clave 1114 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción noroccidental del estado de Guanajuato y un área aproximada del acuífero de 914 km^2. El acuífero comprende casi la totalidad de los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y parte del municipio de Manuel Doblado.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 110.0 - 0.0 - 164.256337$$

$$DMA = -54.256337 \text{ hm}^3 \text{ /año.}$$

CONSULTA PÚBLICA





El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es 54,256,337 m^3 anuales.

1119. Irapuato - Valle

El acuífero Irapuato-Valle, definido con la clave 1119 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en el extremo sur del estado de Guanajuato, en el límite con el estado de Michoacán, entre los paralelos 20°12' y 20°53' de latitud norte y los meridianos 101°01' y 101°33' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 2,437 km2 . Limita al norte con el acuífero Silao-Romita, al noreste con Cuenca Alta del Río Laja, al este con Valle de Celaya, al sur y sureste con Ciénega Prieta-Moroleón, al oeste con Pénjamo-Abasolo, todos ellos pertenecientes al estado de Guanajuato; el suroeste con el acuífero Pastor Ortíz-La Piedad, del estado de Michoacán.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 507.8 - 28.3 - 539.648468$$

$$DMA = -60.148468 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es 60,148,468 m^3 anuales.

1402. Toluquilla

El acuífero Toluquilla, definido con la clave 1402 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción centro del estado de Jalisco, entre las coordenadas 20° 28' y 20° 42' de latitud norte y entre los meridianos 103° 07' y 103° 34' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 632 km2 . Colinda al norte, con el acuífero Atemajac, al sur con Cajititlán, al este con Altos de Jalisco y al oeste con los acuíferos San Isidro y Arenal, todos ellos del estado de Jalisco. Geopolíticamente comprende parcialmente a los municipios de Zapopan, Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y Juanacatlán, la totalidad del municipio EL Salto y muy pequeñas porciones de los municipios Ixtlahuacán de los Membrillos y Zapotlanejo.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar

CONSULTA PÚBLICA



los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, de acuerdo con la expresión definida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas:

$$DMA = R - DNC- VEAS$$

$$DMA = 49.1 - 2.4 - 122.313513$$

$$DMA = -75.613513 \text{ hm}^3 \text{ /año.}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 75,613,513 hm^3 anuales.

1405. Ocotlán

El acuífero Ocotlán, definido con la clave 1405 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción oriental del Estado de Jalisco, entre los paralelos 20°18' y 20°55' de latitud norte y los meridianos 102°09' y 102°53' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 2,080 km2 . Limita al norte con los acuíferos Valle de Guadalupe y Jalostotitlán; al noreste con San José de Las Pilas y Jesús María; al sur con el acuífero La Barca y el Lago de Chapala; al suroeste con los acuíferos Chapala y Poncitlán; al oeste y noroeste con el acuífero Altos de Jalisco, todos ellos en el Estado de Jalisco. Geopolíticamente abarca la mayor parte de los municipios Arandas, Atotonilco El Alto, Ocotlán, Tototlán; porciones de los municipios Tepatitlán de Morelos y Zapotlán del Rey, así como pequeñas áreas de los municipios Ayotlán, Jamay, Jesús María, San Miguel El Alto y Poncitlán.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, de acuerdo con la expresión 3, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA= 85.6 - 8.3 - 90.921672$$

$$DMA = -13.621672 \text{ hm}^3 \text{ anuales.}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 13,621,672 m^3 anuales.

CONSULTA PÚBLICA



1413. Altos de Jalisco

El acuífero Altos de Jalisco, definido con la clave 1413 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza al noreste de la capital del estado de Jalisco, en la denominada puerta a la región Altos de Jalisco, entre los paralelos 20° 27' y 21° 10' de latitud norte y los meridianos 102° 35' y 103° 17' de longitud oeste. Colinda al norte con los acuíferos Cuquio, Yahualica y Tepatitlán, al este con Valle de Guadalupe, al oeste con Atemajac y Toluquilla y al sur con los acuíferos Ocotlán, Poncitlán y Cajititlán, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 1,519 km2 conforme a la poligonal que lo delimita. El acuífero integra principalmente territorios de los municipios de Zapotlanejo, Tepatitlán de Morelos y Acatic, y porciones territoriales menores de los municipios de Cuquio, Juanacatlán Zapotlán del Rey y una parte mínima de los municipios de Yahualica, Tototlán, Ixtlahuacán del Río y Guadalajara.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 62.3 - 0.6 - 75.799562$$

$$DMA = -14.099562 \text{ hm}^3 \text{/año.}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 14,099,562 m^3 anuales.

1414. Tepatitlán

El acuífero Tepatitlán, definido con clave 1414 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción nororiental del estado de Jalisco y cubre una superficie 1940 km2 , la cual representa cerca del 2.47% del territorio estatal.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 41.1 - 0.2 - 41.497490$$

$$DMA = -0.597490 \text{ hm}^3 \text{/año.}$$

CONSULTA PÚBLICA





El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 597,490 m^3 anuales.

1416. Valle de Guadalupe

El acuífero Valle de Guadalupe, definido con la clave 1416 por la Comisión Nacional del Agua, se ubica en la porción centro-este del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 44' y 21° 12' de latitud norte y los meridianos 102° 26' y 102° 49' de longitud oeste; abarca una superficie aproximada de 980 km^2.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

$$DMA = 31.6 - 1.7 - 34.021414$$

$$DMA = -4.121414 \ hm^3 \ /año.$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 4,121,414 m^3 anuales.

1444. San Diego de Alejandría

El acuífero San Diego de Alejandría, definido con la clave 1444 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción noreste del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 48' y 21° 19' de latitud norte y los meridianos 101° 42' y 102° 13' de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 872 km2 . Limita al norte y oeste con el acuífero Lagos de Moreno; al sur con San José de Las Pilas, pertenecientes al estado de Jalisco y al este con los acuíferos Valle de León y Rio Turbio, pertenecientes al estado de Guanajuato. Geopolíticamente comprende parcialmente los municipios de Lagos de Moreno, Unión de San Antonio, Arandas, una porción al suroeste del municipio San Julián y destacando en mayor porción el municipio San Diego de Alejandría.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

CONSULTA PÚBLICA





DMA = 36.5 – 0.0 – 46.106796

DMA = -9.606796 hm^3 /año.

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 9,606,796 m^3 anuales.

1445. San José de Las Pilas

El acuífero San José de Las Pilas, definido con la clave 1445 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción este del estado de Jalisco, entre las coordenadas 20°32' y 20°55' de latitud norte y 101°56' y 102°16' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 460.1 km^2. El acuífero San José de Las Pilas limita al norte con los acuíferos Lagos de Moreno y Jalostotitlán en el estado de Jalisco; al sur con el acuífero Jesús María Jalisco y Pénjamo-Abasolo en el estado de Guanajuato; debido a su forma irregular al oeste también colinda con Jesús María y en con el acuífero Ocotlán en el estado de Jalisco; en dirección este la colindancia es con el acuífero San Diego de Alejandría en Jalisco y Río Turbio en el estado de Guanajuato.

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas. Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

DMA = R – DNC – VEAS

DMA = 19.8 – 6.3 – 15.066512

DMA = -1.566512 hm^3 anuales

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 1'566512 m^3 anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

CONSULTA PÚBLICA



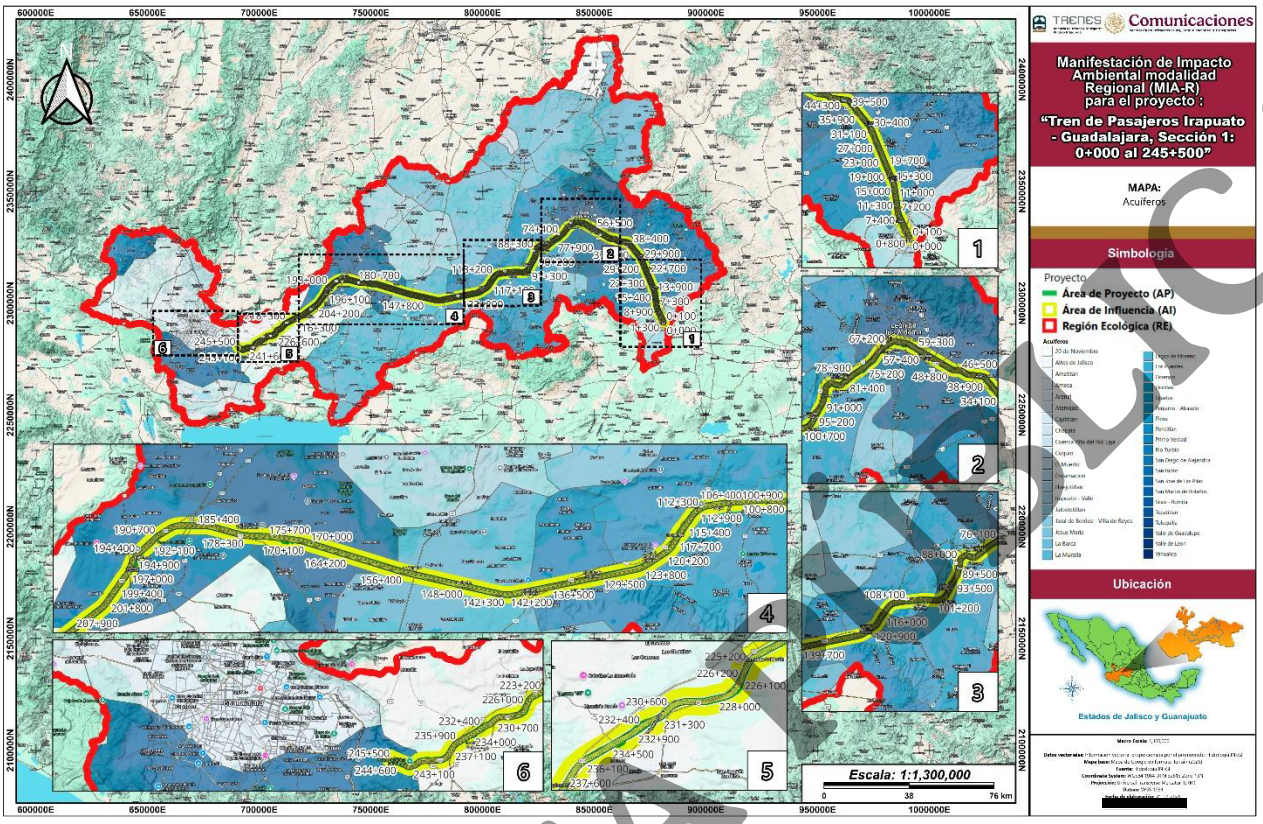


Figura III.93. Incidencia de los Acuíferos dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

III.5.5. Riesgos y peligros

Análisis de incidencia: Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2026).

Vector de origen: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

- **Riesgo de inundaciones**

Una inundación es la ocupación temporal de agua en terrenos o zonas que habitualmente se encuentran secas. Ocurre cuando un exceso de agua supera la capacidad de absorción del suelo o de drenaje de los ríos, arroyos y sistemas urbanos, cubriendo calles, campos y viviendas. Los principales factores que promueven un evento de inundación son: lluvias intensas, fenómenos costeros y acciones humanas como la deforestación o impermeabilización del suelo.

Dentro de la Región Ecológica (RE), el riesgo por inundaciones es predominantemente entre muy bajo y bajo, sobre todo en las partes oeste y este de esta zonificación, mientras que los riesgos considerados como altos. En términos porcentuales, es importante destacar que el 28.260 % de la superficie no presente algún grado de riesgo de inundación, mientras que el 31.874 % presenta un riesgo bajo y el 30.854 % presenta un riesgo bajo. Los riesgos medios y altos no superan el 10 % de la superficie.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III.99. Incidencia del grado de riesgo por inundaciones dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	0	0
Alto	5,639,813	0.029
Medio	1,764,415,518	8.983
Bajo	6,260,781,899	31.874
Muy bajo	6,060,386,853	30.854
Sin riesgo reportado	5,550,965,021	28.260

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m^2 adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

- **Peligro de inundaciones**

Dentro de la Región Ecológica (RE), el peligro por inundaciones es puntualmente alto dentro de los municipios con asentamientos y áreas metropolitanas como Zapopan, Guadalajara y León, mientras que este disminuye conforme se adentra a las zonas que aún albergan vegetación o no se ha llevado a cabo el sellamiento del suelo. En términos porcentuales, el 28.336 % de su superficie no presenta peligro por inundaciones, mientras que el 49.533 % presenta un peligro medio sólo el 22.131 % se le considera con riesgo alto.

Tabla III.100. Incidencia del grado de peligro por inundaciones dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grado	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Alto	4,349,111,521	22.131
Medio	9,734,092,110	49.533
Sin riesgo reportado	5,568,627,527	28.336

*La diferencia geométrica de las 9,642,054 m^2 adicionales corresponde al análisis del Sistema de Información Geográfica QGIs respecto al cálculo identificado por el SIGEIA.

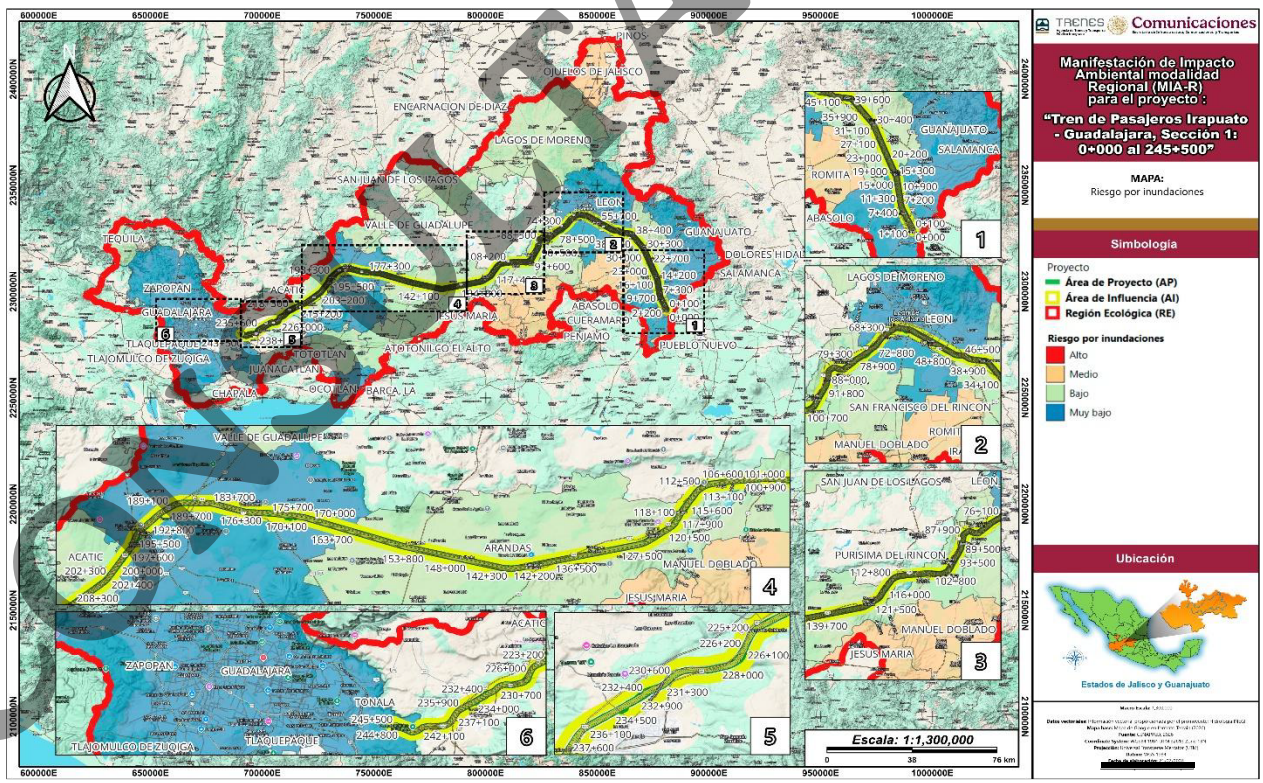


Figura III.94. Incidencia de los riesgos por inundaciones dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

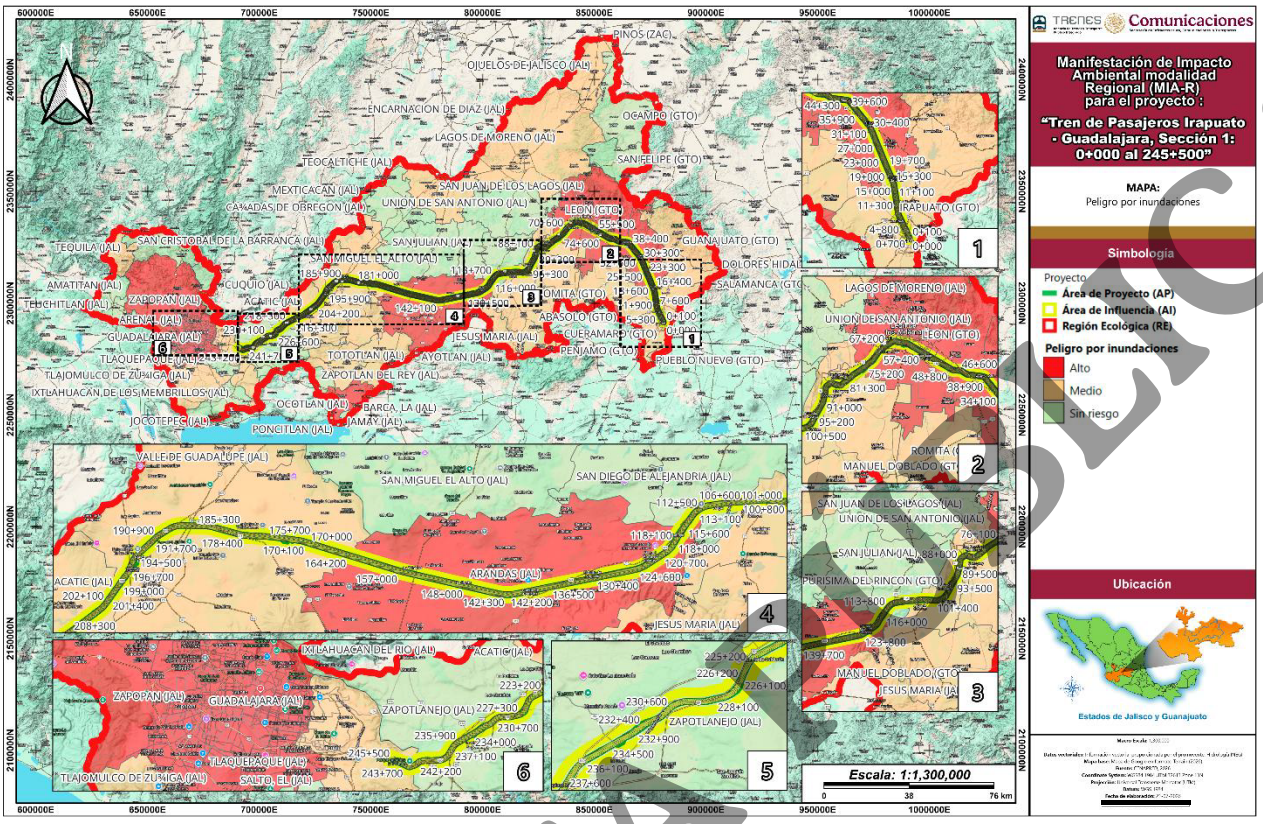


Figura III.95. Incidencia de los peligros por inundaciones dentro de la RE y AP. Elaboración propia

III.5.6. Riesgos y peligros referentes a inundaciones dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026.
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa

A continuación, se presenta una descripción de los riesgos y peligros por inundaciones asociados al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), que en el marco de este proyecto abarca a los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Esta información fue consultada dentro del Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del ZOOM Metropolitano (https://zoom.imeplan.mx/mapa) del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN).

- **Riesgo de inundación**

A través de este Sistema de Información Geográfica, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), se determinó que el 7.23 % de la superficie presenta un riesgo bajo al presentarse un evento de lluvias que pudiera provocar una inundación, seguido de un 6.08 % de zonas con un riesgo

CONSULTA PÚBLICA

muy bajo. También se clasificó con un 2.49 % de las zonas como con riesgo medio, al 0.69 % con riesgo alto y el 0.17 % restante con un riesgo muy alto.

Tabla III.101. Incidencia de zonas de riesgo dentro de la RE. Elaboración propia.

Riesgo	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Muy alto	34,327,200	0.17
Alto	134,897,500	0.69
Medio	490,025,300	2.49
Bajo	1,419,247,800	7.23
Muy bajo	1,193,693,700	6.08
Sin incidencia del vector	16,369,997,604	83.34
Total	**19,642,189,104**	**100**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

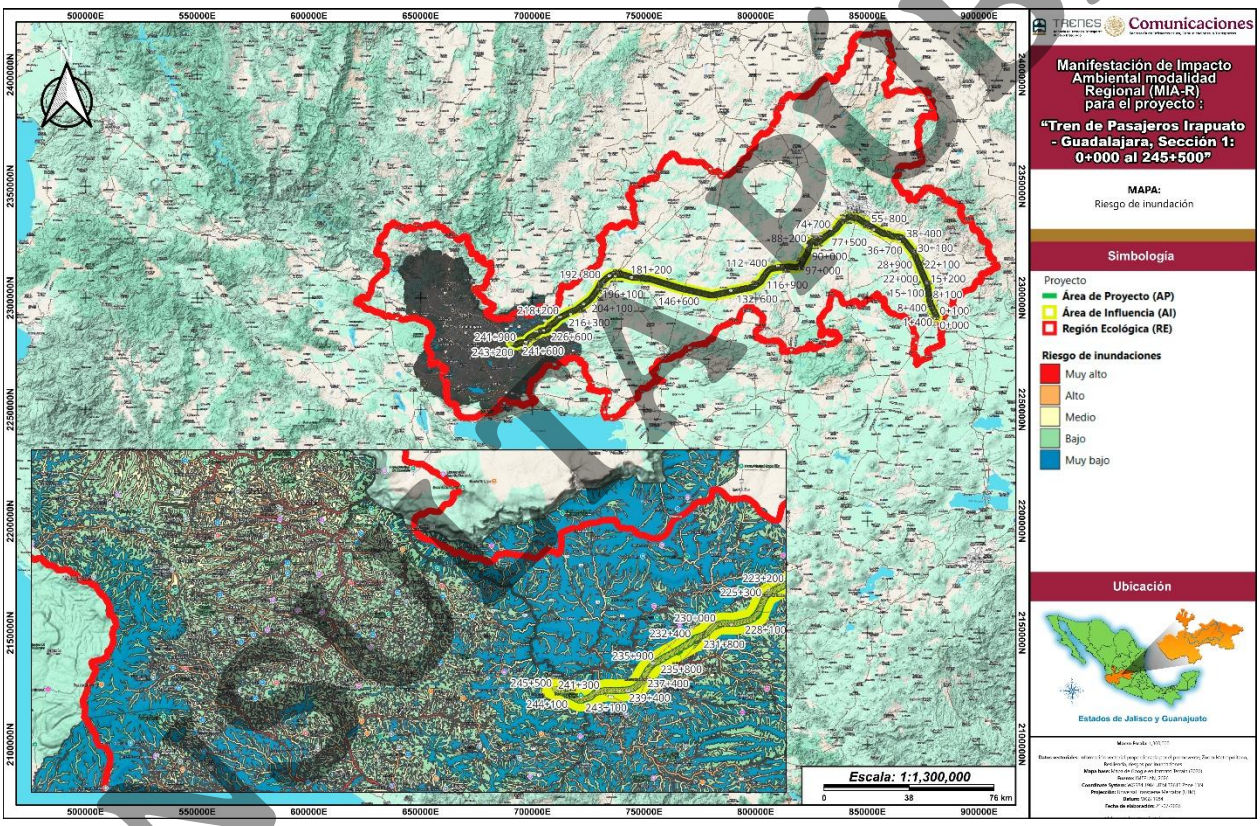


Figura III.96. Incidencia de zonas de riesgo de inundación dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



III.5.7. Zonas y capacidades de captación de agua del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026.
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa

A continuación, se presenta un análisis de incidencia de los sitios de captación de agua dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), que en el marco de este proyecto abarca a los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Esta información fue consultada dentro del Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del ZOOM Metropolitano (https://zoom.imeplan.mx/mapa) del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN).

Dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) se determinó la incidencia en un 7.33 % de zonas con alta capacidad de captación de agua, seguida de zonas con capacidad de captación moderada con un 4.44 %, después en zonas con capacidad muy alta con un 2.39 %, y finalmente zonas de capacidad baja con un 2.06 % y muy baja con 1.01 %.

Tabla III.102. Incidencia de zonas de capacidad de captación de agua dentro de la RE. Elaboración propia.

Capacidad de captación de agua	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy Alta	469,601,223	2.39
Alta	1,439,061,489	7.33
Moderada	872,231,417	4.44
Baja	405,450,434	2.06
Poco significativa	198,102,970	1.01
Sin incidencia	16,257,741,571	82.77
Total	**19,642,189,104**	**100.00**

Dentro de la Región Ecológica (RE), específicamente para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) se determinó la incidencia en un 7.33 % de zonas con alta capacidad de captación de agua, seguida de zonas con capacidad de captación moderada con un 4.44 %, después en zonas con capacidad muy alta con un 2.39 %, y finalmente zonas de capacidad baja con un 2.06 % y muy baja con 1.01 %.

En el caso del Área del Proyecto (AP) que incide dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), se determinó que el que el 6.93 % presenta zonas de capacidad de carga alta, el 4.52 % de capacidad moderada, el 0.001 % de capacidad muy alta, el 0.14 % de capacidad baja y el 0.24 % de capacidad poco significativa.

Tabla III.103. Incidencia de zonas de riesgo dentro del AP. Elaboración propia.

Capacidad de captación de agua	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Muy Alta	128	0.001
Alta	681,370	6.93
Moderada	444,087	4.52
Baja	14,040	0.14
Poco significativa	23,417	0.24
Sin incidencia	8,671,430	88.17
Total	**9,834,472**	**100.00**

*Las incidencias reportadas corresponden a la superficie del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) que presentan cobertura del ZOOM Metropolitano del IMEPLAN.

CONSULTA PÚBLICA



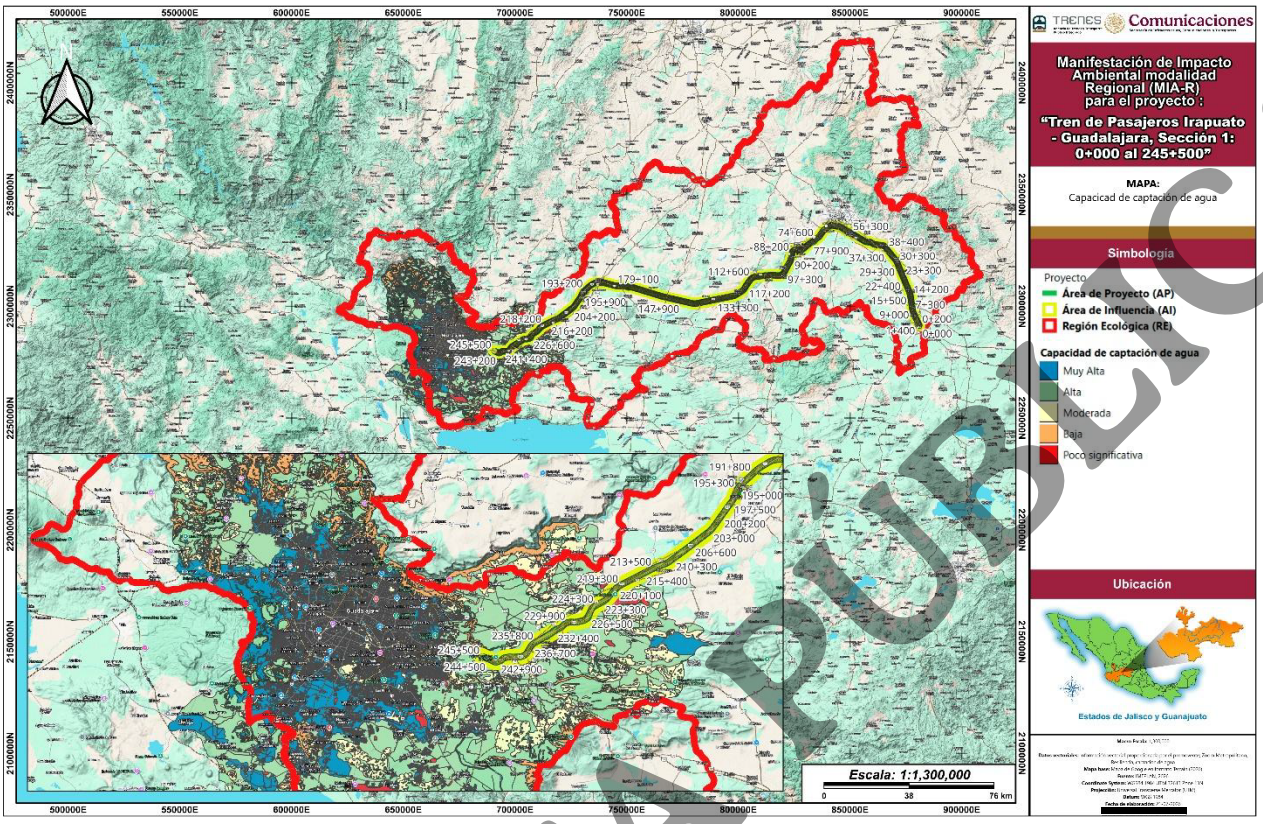


Figura III.97. Incidencia con zonas de capacidad de captación de agua dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

III.5.8. Calidad del agua

Los Indicadores de calidad del agua son una herramienta cuantitativa que utiliza la Gerencia de Calidad de Agua de la Conagua para determinar cómo se encuentra la calidad del agua en diversos sitios de los cuerpos de agua nacionales, clasificados como lóticos, lénticos, costeros o subterráneos. Se determinan a partir de los resultados del monitoreo nacional que lleva a cabo la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (RENAMECA), operada por la Gerencia de Calidad del Agua, de la Subdirección General Técnica.

Los Indicadores superficiales son 8 parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes fecales (CF), *Escherichia coli*, (E_COLI), Enterococos fecales (ENTEROC_FEC), porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto (OD%) y Toxicidad aguda (TOX).

Los Indicadores subterráneos son 14 parámetros: Fluoruros (Fluo), Coliformes fecales (CF), Nitrógeno de Nitratos (N_NO3), Arsénico Total (As_Tot), Cadmio Total (Cd_Tot), Cromo Total (Cr_Tot), Mercurio Total (Hg_Tot), Plomo Total (Pb_Tot), Alcalinidad (Alc_Tot), Conductividad eléctrica (Cond_elec), Dureza Total (Dur_Tot), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Hierro Total (Fe_Tot) y Manganeso Total (Mn_Tot).

Asimismo, se utiliza un Semáforo de la calidad del agua, que es una clasificación de la calidad en un determinado sitio de monitoreo, basada en intervalos de concentración de cada

CONSULTA PÚBLICA

parámetro indicador, por lo que se establece una escala de cumplimiento que asigna un color: verde que representa la mejor calidad, amarillo calidad intermedia y rojo mala calidad.

El semáforo para agua superficial considera lo siguiente: si uno o más de los siguientes parámetros: DBO5, DQO, ENTEROC_FEC, y/o TOX, incumplen, entonces el semáforo será de color rojo; si los parámetros anteriores cumplen, pero uno o más de los siguientes parámetros: SST, %OD, CF y/o E_COLI, incumplen, el semáforo será amarillo; y, cuando se da el cumplimiento de todos los indicadores, el semáforo será verde. **El semáforo para agua subterránea** considera lo siguiente: si uno o más de los siguientes parámetros: Fluo, CF, N_NO3, As_Tot, Cd_Tot, Cr_Tot, Hg_Tot y Pb_Tot, incumplen, entonces el semáforo será color rojo; si los parámetros anteriores cumplen, pero uno o más de los siguientes parámetros: Alc_Tot, Cond_elec, Dur_Tot, SDT, Fe_Tot y Mn_Tot, incumplen, el semáforo será amarillo; y, cuando se da el cumplimiento de todos los indicadores, el semáforo será verde.

a) Calidad de agua superficial

Análisis de incidencia: Indicadores de calidad del agua (CONAGUA): https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua
Vector de origen: Calidad del agua superficial 2024.

En el año de 2023, de 450 sitios superficiales que monitoreó la RENAMECA, la evaluación de calidad del agua con base en los indicadores calificó como excelente el 27% de los sitios de acuerdo con la DBO5; el 1.4% de acuerdo con la DQO; el 44.6% con SST; el 17.2% con CF; el 10.7% con E_COLI; el 80% con ENTEROC_FEC y el 63.5% con OD%. El 60.9% de los sitios no presentó Toxicidad aguda. Mientras que el semáforo reportó el 27.3% de los sitios en verde; el 21.8% de los sitios amarillo y el 50.9% de los sitios se calificaron en rojo. A continuación, se presenta la descripción de los contaminantes analizados.

Tabla III.104. Parámetros para el análisis de la calidad del agua superficial. Elaboración propia.

Parámetros para la calidad del agua superficial		
Calidad del agua para toxicidad	**Criterio**	**Descripción**
No toxico	TOX menor a 1	Agua no contaminada/ Toxicidad no detectable.
Toxicidad baja	TOX mayor o igual a 1 y menor o igual a 1.33	Toxicidad baja
Toxicidad moderada	TOX mayor de 1.33 y menor a 5	Toxicidad moderada
Toxicidad alta	TOX mayor o igual a 5	Toxicidad alta
Calidad del agua para sólidos suspendidos totales (SST)	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	SST menor o igual a 25	Clase de excepción, muy buena calidad.
Buena calidad	SST mayor de 25 y menor o igual a 75	Aguas superficiales con bajo contenido de solidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.
Aceptable	SST mayor de 75 y menor o igual a 150	Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido.
Contaminada	SST mayor de 150 y menor o igual a 400	Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido.
Fuertemente contaminada	SST mayor de 400	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces.
Calidad del agua para enterococos fecales	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	ENTEROC menor o igual a 100	Agua no contaminada o condición normal. No hay evidencia de alteración en los valores de la calidad bacteriológica para el cuerpo de agua superficial.
Buena calidad	ENTEROC mayor de 100 y menor o igual a 200	Aguas superficiales con calidad satisfactoria para la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario, así como para otros usos. Indicios de alteración de la calidad bacteriológica.
Contaminada	ENTEROC mayor de 200 y menor o igual a 500	Aguas superficiales con contaminación bacteriológica. Indica alteración substancial con respecto a la condición normal.

CONSULTA PÚBLICA



Parámetros para la calidad del agua superficial		
Fuertemente contaminada	ENTEROC mayor de 500	Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica. Alteración severa.
Calidad del agua para *E. colli*	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	E_COLI menor o igual a 126	Agua no contaminada o condición normal. No hay evidencia de alteración en los valores de la calidad bacteriológica para el cuerpo de agua superficial.
Buena calidad	E_COLI mayor de 126 y menor o igual a 576	Aguas superficiales con calidad satisfactoria para la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario, así como para otros usos. Indicios de alteración de la calidad bacteriológica.
Aceptable	E_COLI mayor de 576 y menor o igual a 850	Aguas superficiales con calidad admisible como fuente de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola. Muestra bajos niveles de alteración como resultado de la actividad humana.
Contaminada	E_COLI mayor de 850 y menor o igual a 1000	Aguas superficiales con contaminación bacteriológica. Indica alteración substancial con respecto a la condición normal.
Fuertemente contaminada	E_COLI mayor de 1000	Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica. Alteración severa.
Calidad del agua para la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	DQO menor o igual a 10	Agua no contaminada.
Buena calidad	DQO mayor de 10 y menor o igual a 20	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.
Aceptable	DQO mayor de 20 y menor o igual a 40	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
Contaminada	DQO mayor de 40 y menor o igual a 200	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
Fuertemente contaminada	DQO mayor de 200	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.
Calidad del agua a para la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5)	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	DBO menor o igual a 3	Agua no contaminada.
Buena calidad	DBO mayor de 3 y menor o igual a 6	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.
Aceptable	DBO mayor de 6 y menor o igual a 30	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
Contaminada	DBO mayor de 30 y menor o igual a 120	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
Fuertemente contaminada	DBO mayor de 120	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.
Calidad del agua para coliformes fecales superficiales	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	COLI_FEC menor o igual a 100	Agua no contaminada o condición normal. No hay evidencia de alteración en los valores de la calidad bacteriológica para el cuerpo de agua superficial.
Buena calidad	COLI_FEC mayor de 100 y menor o igual a 200	Aguas superficiales con calidad satisfactoria para la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario, así como para otros usos. Indicios de alteración de la calidad bacteriológica.
Aceptable	COLI_FEC mayor de 200 y menor o igual a 1000	Aguas superficiales con calidad admisible como fuente de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola. Muestra bajos niveles de alteración como resultado de la actividad humana.
Contaminada	COLI_FEC mayor de 1000 y menor o igual a 10000	Aguas superficiales con contaminación bacteriológica. Indica alteración substancial con respecto a la condición normal.
Fuertemente contaminada	COLI_FEC mayor de 10000	Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica. Alteración severa.
Calidad del agua para oxígeno disuelto en porcentaje (%)	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	OD mayor de 70 y menor o igual a 110	Excelente o rica en oxígeno.
Buena calidad	OD mayor de 50 y menor o igual 70; OD mayor a 110 y menor o igual 120	Buena o moderada cantidad de oxígeno.
Aceptable	OD mayor de 30 y menor o igual 50; OD mayor a 120 y menor o igual 130	Aceptable o de moderada deficiencia de oxígeno.
Contaminada	OD mayor de 10 y menor o igual 30; OD mayor a 130 y menor o igual 150	Contaminada o con deficiencia de oxígeno.
Fuertemente contaminada	OD menor o igual a 10; OD mayor de 150	Fuertemente contaminada o anóxica.

CONSULTA PÚBLICA



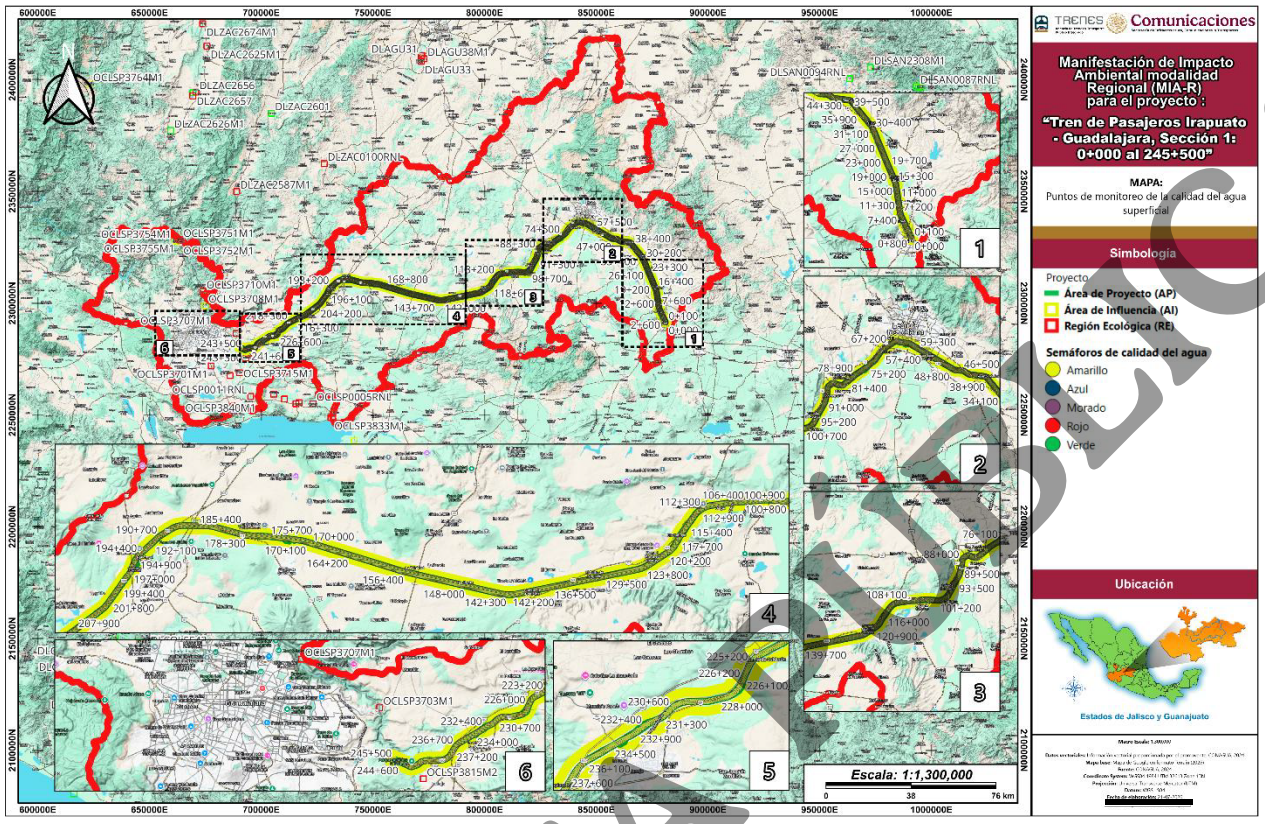


Figura III.98. Puntos para el monitoreo de la calidad del agua superficial dentro de la RE. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Dentro de la RE se encontraron 14 puntos de monitoreo de agua superficial, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla III.105. Puntos de monitoreo de la calidad del agua superficial. Elaboración propia.

Clave	Municipio	Cuerpo de agua	DBO_ mg/L	CALIDAD_DBO	DQO_mg/L	CALIDAD_DQO	SST_mg/L	CALIDAD_SST	COLI_FEC_NMP_100mL	CALIDAD_COLI_FEC	E_COLI_NMP_100mL	CALIDAD_E_COLI	TOX_FIS_SUP_15_UT	CALIDAD_TOX_FIS_SUP_15	SEMAFORO	CONTAMINANTES
OCLSP0011RNL	Juanacatlán	Río Santiago	9.3	Aceptable	61.819	Contaminada	<25	Excelente	750000	Fuertemente contaminada	240000	Fuertemente contaminada	0	0	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3701M1	El Salto	Arroyo El Ahogado	91.6	Contaminada	138.632	Contaminada	41	Buena calidad	11000000	Fuertemente contaminada	11000000	Fuertemente contaminada	4.529	Toxicidad moderada	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3703M1	Tonalá	Río Santiago	7.7	Aceptable	49.388	Contaminada	35	Buena calidad	460000	Fuertemente contaminada	240000	Fuertemente contaminada	1.658	Toxicidad moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3707M1	Guadalajara	Río Santiago	17.9	Aceptable	48.05	Contaminada	81	Aceptable	460000	Fuertemente contaminada	240000	Fuertemente contaminada	1.609	Toxicidad moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3708M1	Zapopan	Río Santiago	12.9	Aceptable	25.795	Aceptable	160.32	Contaminada	4600000	Fuertemente contaminada	4600000	Fuertemente contaminada	1.599	Toxicidad moderada	Amarillo	SST,CF,E_COLI,
OCLSP3710M1	Ixtlahuacán del Río	Río Santiago	47.7	Contaminada	120.942	Contaminada	290.48	Contaminada	11000000	Fuertemente contaminada	11000000	Fuertemente contaminada	1.482	Toxicidad moderada	Rojo	DBO,DQO,SST,CF,E_COLI,
OCLSP3715M1	Juanacatlán	Río Santiago	39.65	Contaminada	140.8005	Contaminada	<25	Excelente	6700000	Fuertemente contaminada	3500000	Fuertemente contaminada	0	0	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3716M1	Juanacatlán	Río Santiago	93.7	Contaminada	421.813	Fuertemente contaminada	67	Buena calidad	2400000	Fuertemente contaminada	2400000	Fuertemente contaminada	0	0	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3717M1	Juanacatlán	Río Santiago	25.55	Aceptable	70.8185	Contaminada	<25	Excelente	3500000	Fuertemente contaminada	3500000	Fuertemente contaminada	1.364	Toxicidad moderada	Rojo	DQO,CF,E_COLI,
OCLSP3751M1	San Cristóbal de la Barranca	Río Juchipila	4.4	Buena calidad	49.271	Contaminada	3023.08	Fuertemente contaminada	46000	Fuertemente contaminada	4600	Fuertemente contaminada	1.853	Toxicidad moderada	Rojo	DQO,SST,CF,E_COLI,
OCLSP3752M1	San Cristóbal de la Barranca	Río Santiago	10.7	Aceptable	39.075	Aceptable	92	Aceptable	4600000	Fuertemente contaminada	4600000	Fuertemente contaminada	1.926	Toxicidad moderada	Amarillo	CF,E_COLI,
OCLSP3753M1	San Cristóbal de la Barranca	Río Santiago	4.5	Buena calidad	20.552	Aceptable	2350	Fuertemente contaminada	46000000	Fuertemente contaminada	24000000	Fuertemente contaminada	2.096	Toxicidad moderada	Amarillo	SST,CF,E_COLI,
OCLSP3754M1	San Cristóbal de la Barranca	Río Santiago	4.9	Buena calidad	23.45	Aceptable	1994.12	Fuertemente contaminada	11000000	Fuertemente contaminada	11000000	Fuertemente contaminada	1.788	Toxicidad moderada	Amarillo	SST,CF,E_COLI,
OCLSP3815M2	Zapotlanejo	Arroyo La Laja	130	Fuertemente contaminada	216.453	Fuertemente contaminada	82.86	Aceptable	4600000	Fuertemente contaminada	4600000	Fuertemente contaminada	1.184	Toxicidad baja	Rojo	DBO,DQO,CF,E_COLI,

CONSULTA PÚBLICA





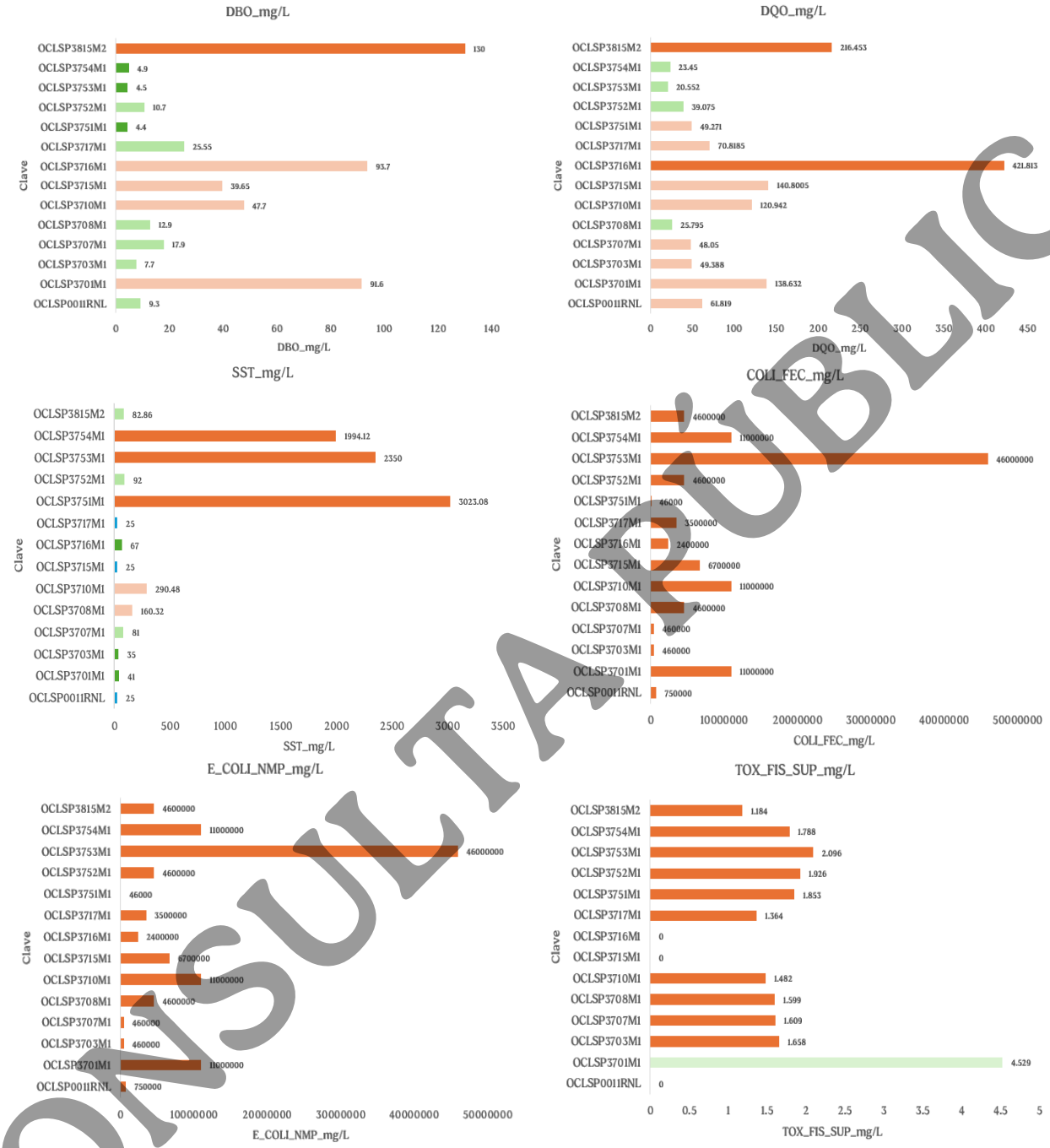


Figura III.99. Indicadores para la determinación de la calidad del agua superficial. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA





Con base en los resultados anteriores, se determinó que dentro de los 14 puntos de monitoreo analizados dentro de la Región Ecológica (RE) 3 de los puntos presentan valores sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) considerados como de buena calidad, todos ellos ubicados sobre el Río Santiago y Río Juchipila en el municipio de San Cristóbal de la Barranca; 6 presentaron valores considerados como aceptables dentro de los municipios de Juanacatlán, Tonalá, Guadalajara, Zapopan y San Cristóbal de las Casas; 4 presentaron valores considerados como contaminados dentro del Arroyo El Ahogado dentro del municipio de El Salto, y los otros en el Río Santiago dentro de los municipios de Ixtlahuacán del Río y Juanacatlán. Por último, dentro del Arroyo La Laja se presentó un punto considerado como fuertemente contaminado.

En el caso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), 4 de los puntos presentaron valores considerados aceptables, todos ellos dentro del Río Santiago dentro de los municipios de Zapopan y San Cristóbal de la Barranca; 8 de ellos presentaron valores considerados como de contaminados dentro del Río Santiago (Juanacatlán, Ixtlahuacán del Río, San Cristóbal de la Barranca, Tonalá y Guadalajara) y Río Juchipila en San Cristóbal de la Barranca; los 2 restantes presentaron valores considerados como de fuertemente contaminada dentro del Río Santiago en Juanacatlán y el Arroyo La Laja en Zapotlanejo.

Para los Sólidos Suspendidos Totales (SST), en 3 de los sitios de monitoreo se le considero como excelente a la calidad del agua, siendo estos el Río Santiago dentro del municipio de Juanacatlán; 3 fueron considerados como de buena calidad dentro del Río Santiago dentro de Tonalá y Juanacatlán, así como en el Arroyo El Ahogado dentro de El Salto; 3 presentaron valores aceptables dentro del Río Santiago en Guadalajara y San Cristóbal de la Barranca; 2 considerados como contaminada dentro del Río Santiago en Zapopan e Ixtlahuacán del Río; los 3 restantes presentaron valores como fuertemente contaminados dentro del Río Santiago y Río Juchipila en San Cristóbal de la Barranca.

Para la presencia de Coliformes Fecales (COLI_FEC), todos los sitios de monitoreo presentaron valores que indican una fuerte contaminación. Lo mismo ocurrió con la presencia de *E. colli* (E_COLI) puesto que también todos los sitios de monitoreo presentaron valores que indican que estos cuerpos de agua se encuentran fuertemente contaminados

Para los valores de toxicidad del agua, dentro de todos los puntos de monitoreo se presentó evidencia de toxicidad moderada, a excepción del Arroyo La Laja en Zapotlanejo que obtuvo una calificación como de toxicidad baja.

Con base en los resultados expuestos por los indicadores de la calidad del agua superficial, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE) se puede considerar que esta calidad es en su mayoría mala y que representa un gran riesgo y peligro para el medio ambiente y la salud humana puesto que 10 de los puntos de monitoreo se encuentran en SEMÁFORO ROJO y los 4 restantes se encuentran en SEMÁFORO AMARILLO.

CONSULTA PÚBLICA





b) Calidad de agua subterránea

Análisis de incidencia: Indicadores de calidad del agua (CONAGUA): https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua
Vector de origen: Calidad del agua subterránea 2024.

Para aguas subterráneas el cumplimiento se basa principalmente en la calidad apta para el uso como fuente de abastecimiento de agua potable y riego agrícola.

La evaluación de calidad del agua con base en los indicadores subterráneos calificó a 606 sitios monitoreados con un cumplimiento apto para el uso como fuente de abastecimiento de agua potable y riego agrícola, de acuerdo con los siguientes porcentajes: 100% para Cd_Tot, Cr_Tot, Hg_ Tot y Pb_Tot; 98.7% para CF, 97.2% para Mn_Tot, 97% para SDT, 96.3% para N_NO3, 94.9% para Fe_Tot, 94.4% para Alc_Tot, 88.5% para Cond_elec, 85.2% para Dur_Tot, 68.7% para Fluo y 63.7% para As_Tot. Mientras que el semáforo reportó en verde el 55.4% de los sitios, en amarillo el 12.9% de los sitios y el 31.7% de los sitios en rojo.

A continuación, se presenta la descripción de los contaminantes analizados.

Tabla III.106. Parámetros para el análisis de la calidad del agua subterránea. Elaboración propia.

Parámetros para la determinación de la calidad del agua subterránea		
Calidad del agua para coliformes fecales	**Criterio**	**Descripción**
Excelente	COLI_FEC menor a 1.1	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal. No hay evidencia de alteración en los valores de la calidad bacteriológica para el cuerpo de agua subterráneo
Buena calidad	COLI_FEC mayor o igual de 1.1 y menor o igual a 200	Aguas para uso recreativo con contacto primario, así como para otros usos. Indicios de alteración de la calidad bacteriológica
Aceptable	COLI_FEC mayor de 200 y menor o igual a 1000	Aguas con calidad admisible como fuente de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola. Muestra bajos niveles de alteración como resultado de la actividad humana
Contaminada	COLI_FEC mayor de 1000 y menor o igual a 10000	Aguas con contaminación bacteriológica. Indica alteración substancial con respecto a la condición normal
Fuertemente contaminada	COLI_FEC mayor de 10000	Aguas con fuerte contaminación bacteriológica. Alteración severa
Calidad para Sólidos Disueltos Totales (SDT) - Salinización	**Criterio**	**Descripción**
Potable - Dulce	SDT menor o igual a 1000	Agua Potable. Agua Dulce
Ligeramente salobres	SDT mayor de 1000 y menor o igual a 2000	Aguas subterráneas con bajo contenido de sales
Salobres	SDT mayor de 2000 y menor o igual a 10000	Aguas subterráneas con alto contenido de sales
Salinas	SDT mayor de 10000	Aguas subterráneas con muy alto contenido de sales
Calidad para Sólidos Disueltos Totales (SDT) – Riego agrícola	**Criterio**	**Descripción**
Excelente para riego	SDT menor o igual a 500	Excelente para riego de todo tipo de cultivos
Cultivos sensibles	SDT mayor de 500 y menor o igual a 1000	Apta para riego de cultivos sensibles
Cultivos con manejo especial	SDT mayor de 1000 y menor o igual a 2000	Apta para riego de cultivos con manejo especial
Cultivos tolerantes	SDT mayor de 2000 y menor o igual a 5000	Apta para riego de cultivos tolerantes
Indeseable para riego	SDT mayor de 5000	Indeseable para riego
Calidad del Agua para Cromo	**Criterio**	**Descripción**
Potable - Excelente	CR menor o igual a 0.05	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
No apta como FAAP	CR mayor de 0.05	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Calidad del Agua para Conductividad	**Criterio**	**Descripción**
Excelente para riego	CONDUC menor o igual a 250	Excelente para riego de todo tipo de cultivos
Buena para riego	CONDUC mayor de 250 y menor o igual a 750	Apta para riego de cultivos sensibles
Permisible para riego	CONDUC mayor de 750 y menor o igual a 2000	Apta para riego de cultivos con manejo especial
Dudosa para riego	CONDUC mayor de 2000 y menor o igual a 3000	Apta para riego de cultivos tolerantes
Indeseable para riego	CONDUC mayor de 3000	Indeseable para riego

CONSULTA PÚBLICA





Parámetros para la determinación de la calidad del agua subterránea		
Calidad del agua para Cadmio	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	CD menor o igual a 0.003	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Apta como FAAP	CD mayor de 0.003 y menor o igual a 0.005	Agua apta como fuente de abastecimiento de agua potable
No apta como FAAP	CD mayor de 0.005	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Calidad del Agua para Arsénico	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	AS menor o igual a 0.01	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Apta como FAAP	AS mayor de 0.01 y menor o igual a 0.025	Agua apta como fuente de abastecimiento de agua potable
No apta como FAAP	AS mayor de 0.025	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable o requiere de tratamiento para su remoción.
Calidad del Agua para Alcalinidad	Criterio	Descripción
Baja	ALC mayor o igual a 20 y menor de 75	Agua apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Media	ALC mayor o igual a 75 y menor o igual a 150	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Alta	ALC mayor de 150 y menor o igual a 400	Agua apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Indeseable	ALC menor de 20	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Indeseable como FAAP	ALC mayor de 400	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Calidad del Agua para Plomo	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	PB menor o igual a 0.01	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
No apta como FAAP	PB mayor de 0.01	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Calidad del Agua para Nitrógeno de Nitratos	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	N_NO3 menor o igual a 5	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Potable - Buena calidad	N_NO3 mayor de 5 y menor o igual a 11	Aguas con indicios de aguas residuales o fertilizantes. Condición eutrófica-altos niveles de nutrientes. Efectos moderados en cultivos regados
No apta como FAAP	N_NO3 mayor de 11	Aguas superficiales con fuerte impacto de aguas residuales crudas con alta carga de nutrientes. Condición hipertrófica, florecimientos algales que incluyen especies tóxicas a seres vivos
Calidad del Agua para Manganeso	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	MN menor o igual a 0.15	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua	MN mayor de 0.15 y menor o igual a 0.4	Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua
Puede afectar la salud	MN mayor de 0.4	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable. Puede afectar la salud
Calidad del Agua para Mercurio	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	HG menor o igual a 0.006	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
No apta como FAAP	HG mayor de 0.006	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Calidad del Agua para Fluoruros	Criterio	Descripción
Potable - Optima	FLUO mayor o igual a 0.7 y menor de 1.5	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Media	FLUO mayor o igual a 0.4 y menor de 0.7	Agua con nivel medio de fluoruros
Baja	FLUO mayor o igual a 0 y menor de 0.4	Agua con bajo contenido de fluoruros
Alta	FLUO mayor o igual a 1.5	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable
Calidad del Agua para Hierro	Criterio	Descripción
Potable - Excelente	FE menor o igual a 0.3	Agua potable. Agua no contaminada o condición normal
Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua	FE mayor de 0.3	Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua
Calidad de agua para Dureza	Criterio	Descripción
Potable - Suave	DUR menor o igual a 60	Agua potable. Bajo contenido de minerales
Potable - Moderadamente suave	DUR mayor de 60 y menor o igual a 120	Agua potable. Moderado contenido de minerales
Potable - Dura	DUR mayor de 120 y menor o igual a 500	Agua potable. Alto contenido de minerales, principalmente sales de calcio y magnesio
Muy dura e indeseable usos industrial y domestico	DUR mayor de 500	Agua no apta como fuente de abastecimiento de agua potable. Muy dura e indeseable usos industrial y domestico

CONSULTA PÚBLICA



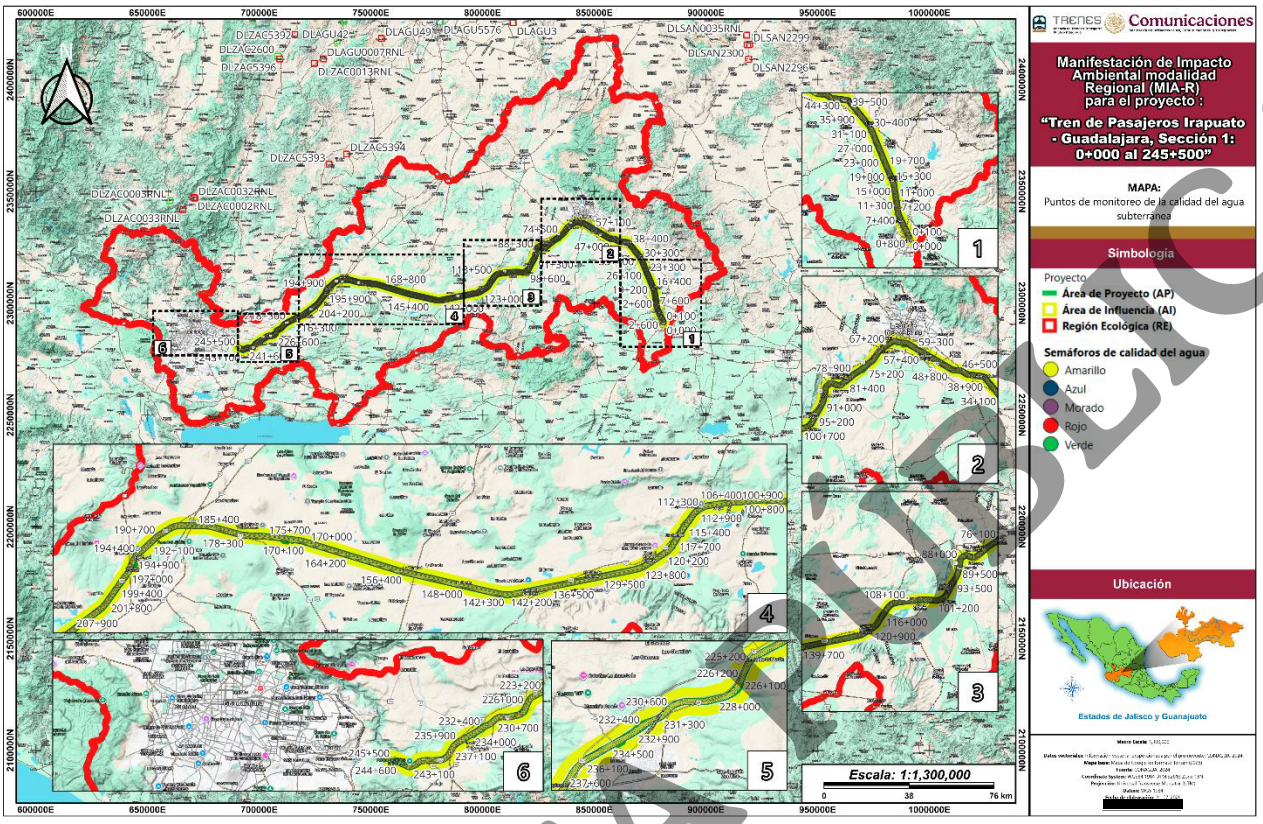


Figura III.100. Puntos para el monitoreo de la calidad del agua subterránea dentro de la RE. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Dentro de la RE se encontraron 14 puntos de monitoreo de agua subterránea, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla III.107. Puntos de monitoreo de la calidad del agua subterránea. Elaboración propia.

Clave	Sitio	Municipio	Acuífero	ALC_mg/L	CALIDAD_ALC	CONDUCT_mS/cm	CALIDAD_CONDUC	SDT_mg/L	CALIDAD_SDT_ra	CALIDAD_SDT_salin	FLUORUROS_mg/L	CALIDAD_FLUO	DUR_mg/L	CALIDAD_DUR	N_NO3_mg/L	CALIDAD_N_NO3	AS_TOT_mg/L	CALIDAD_AS	FE_TOT_mg/L	CALIDAD_FE	SEMAFORO	CONTAMINANTES
DLAGU3	Palo Alto Pozo No2	El Llano	El Llano	-	-	-	-	359	Excelente para riego	Potable - Dulce	2	Alta	121.9	Potable - Dura	-	-	-	-	-	-	Rojo	FLUO,
DLZAC0002RNL	Pozo Agua Potable Mezquital del Oro	Mezquital del Oro	García de la Cadena	255	Alta	-	-	465	Excelente para riego	Potable - Dulce	2.08	Alta	26	Potable - Suave	0.36	Potable - Excelente	-	-	-	-	Rojo	FLUO,
DLZAC0003RNL	Pozo Agua Potable Trinidad García de la Cadena	Trinidad García de la Cadena	García de la Cadena	195	Alta	379	Buena para riego	202	Excelente para riego	Potable - Dulce	0.2	Baja	143	Potable - Dura	2.18	Potable - Excelente	-	-	-	-	Verde	-
DLZAC0032RNL	Pozo Agua Potable La Anona	Mezquital del Oro	García de la Cadena	121	Media	-	-	466	Excelente para riego	Potable - Dulce	9.05	Alta	47.52	Potable - Suave	0.86	Potable - Excelente	0.02	Apta como FAAP	0.1	Potable - Excelente	Rojo	FLUO,
DLZAC0033RNL	Pozo Agua Potable Los Guajes	Mezquital del Oro	García de la Cadena	236	Alta	-	-	357	Excelente para riego	Potable - Dulce	2.35	Alta	217.8	Potable - Dura	1.24	Potable - Excelente	0.02	Apta como FAAP	0.14	Potable - Excelente	Rojo	FLUO,
DLZAC2647	El Sitio	Pinos	Pinos	157	Alta	-	-	327	Excelente para riego	Potable - Dulce	1.64	Alta	97.02	Potable - Moderadamente suave	2.44	Potable - Excelente	-	-	-	-	Rojo	FLUO,
DLZAC5393	Apulco	Nochistlán de Mejía	Nochistlán	129.15	Media	-	-	212	Excelente para riego	Potable - Dulce	5.45	Alta	91.08	Potable - Moderadamente suave	2.06	Potable - Excelente	-	-	-	-	Rojo	FLUO,
DLZAC5394	Nochistlán	Apulco	Nochistlán	133.56	Media	-	-	191	Excelente para riego	Potable - Dulce	4.95	Alta	95.04	Potable - Moderadamente suave	2.64	Potable - Excelente	-	-	-	-	Rojo	FLUO,

CONSULTA PÚBLICA







Figura III.101. Indicadores para la determinación de la calidad del agua subterránea. Elaboración propia.

Con base en los resultados anteriores, 7 de los 8 puntos de monitoreo presentaron datos: 3 de ellos presentaron una calidad media respecto a alcalinidad dentro de los acuíferos

CONSULTA PÚBLICA



de Mezquital del Oro y Nochistlán, mientras que en los 4 restantes se consideran como de alcalinidad alta centro de los acuíferos de García de la Cadena y Pinos.

Para el caso de la conductividad, de los 8 sitios de monitoreo, sólo 1 de ellos presenta información respecto a esto siendo el correspondiente al acuífero de García de la Cadena la cual se considera buena para el riego. Para la calidad de la salinidad, los 8 sitios de monitoreo presentaron valores que indican que el agua es excelente para el riego y es considerada potable y dulce para el consumo humano.

En tanto, respecto a la presencia de fluoruros, de los 8 puntos de monitoreo analizados, 7 reflejaron que la concentración es alta y no apta para consumo humano ni riego, siendo los acuíferos de El Llano, García de la Cadena, Pinos y Nochistlán; el restante ubicado dentro del acuífero de García de la Cadena en el cual la concentración es baja.

En lo que concierne a la dureza del agua, los 8 puntos de muestreo registraron valores conforme a lo siguiente: 3 de ellas son potables, pero de naturaleza "dura" dentro de los acuíferos de El Llano y García de la Cadena; 3 son potables con naturaleza "moderadamente dura" dentro de los acuíferos de Pinos y Nochistlán: los 2 restantes se consideran potables de naturaleza "suave" dentro de los acuíferos de García de la Cadena.

De los 8 puntos de muestre, 7 presentaron valores referentes a la presencia de nitrato por nitritos, encontrándose que en todo ellos la presencia es baja y a los acuíferos se les considera como con agua potable excelente para el consumo.

Con base en los resultados expuestos por los indicadores de la calidad del agua subterránea, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE) se puede considerar que esta calidad es en su mayoría mala y que representa un gran riesgo y peligro para el medio ambiente y la salud humana puesto que 7 de los puntos de monitoreo se encuentran en SEMÁFORO ROJO por la presencia de fluoruros los cuales proporcionan por sí mismo una baja calidad para riego y consumo, y el punto restante se encuentra en SEMÁFORO VERDE.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte medio abiótico> Agua.***

Por otra parte, a continuación, se presenta la descripción de algunas problemáticas identificadas dentro de cuerpos de agua superficiales.

- **Río Santiago**

El Río Santiago forma parte de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago y abarca seis entidades federativas: Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Nayarit, es el segundo río más grande de México y uno de los más importantes en el occidente del país. Abarca una longitud de 563 km y un flujo promedio de 320 m^3/s, su cauce se origina en el lago de Chapala y desemboca en el Océano Pacífico.

Para entender los desafíos que enfrenta el Río Santiago, la cuenca se divide en 4 tramos que corren a lo largo de Jalisco, cada uno con características geográficas y sociales diferentes: el Río Zula, Alto Santiago, Área Metropolitana de Guadalajara y Bajo Santiago. Por un lado el Río Zula, que nace en los Altos de Jalisco, su principal impacto en la contaminación está dado por los desechos de las destilerías de tequila y procesadoras de productos lácteos; el tramo Alto Santiago que tiene gran impacto agropecuario, además recibe las descargas de aguas

CONSULTA PÚBLICA



residuales de uso doméstico de los municipios de Ocotlán y Poncitlán, y el tramo del Área Metropolitana de Guadalajara, donde además del consumo de agua para actividades cotidianas también se descargan detergentes, materia orgánica, desechos humanos y restos de comida. Finalmente, el tramo Bajo Santiago se considera zona primordial de conservación ya que muestra evidencia de recuperación en sus ecosistemas de cobertura forestal.

Debido a la limitada capacidad de tratamiento y el mal manejo de las aguas residuales, la cuenca continúa sufriendo procesos de degradación en los distintos tramos que la componen, donde los contaminantes se distribuyen de forma desigual, por lo que es necesario atender de forma particular y especializada cada uno de estos tramos (Gobierno de Jalisco, 2025).

Principales contaminantes: El Río Santiago se ha visto afectado a lo largo de los años por causas variables, principalmente por contaminantes provenientes de las aguas residuales de uso doméstico, agropecuario e industrial. Estas descargas contienen contaminantes como nitrógeno, fósforo, residuos sólidos suspendidos, sulfatos, materia orgánica, agroquímicos, residuos de medicamentos y sedimentos, metales pesados y contaminantes emergentes como subproductos de la desinfección, conservación y productos diversos.

La gravedad de la contaminación del Río Santiago ha sido descrita en diversos estudios, entre ellos destacan el realizado por investigadores del Centro Universitario de Tonalá, entre 2020 y 2021, donde detectaron la presencia de bacterias gastrointestinales, microorganismos patógenos y metales pesados como cadmio, arsénico y mercurio. Por otro lado, en 2009 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realizó un estudio de calidad del agua del Río Santiago donde se analizaron las estaciones de bombeo en ríos y afluentes, así como descargas municipales, industriales y pecuarias, encontrando alrededor de 1,090 Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COSV). Estos contaminantes provocan el riesgo de contraer enfermedades renales, respiratorias e inclusive cáncer, especialmente en las poblaciones aledañas al cauce, además se dispersan por todo el río, por lo que contrarrestarlos llevaría mucho tiempo (Diego-García, 2024).

La contaminación de cuerpos de agua afecta la biodiversidad, la disponibilidad de agua limpia para usos diversos y está asociada con el incremento de enfermedades en la población por exposición directa e indirecta a sustancias tóxicas, además de la contaminación de los alimentos (Montes-Rubio *et al,* 2021).

CONSULTA PÚBLICA





- **Presa Calderón**

La Presa Calderón, también conocida como presa Elías González Chávez se encuentra en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco y es una de las presas que abastece de agua al Área Metropolitana de Guadalajara. Forma parte del Sistema del río Verde, que está conformado por las presas El Zapotillo, El Salto, La Red y Elías González Chávez, alias Calderón (sistema EZ-ES-LR-EGC) (ITESO, 2026).

Problemática del agua en la Presa Calderón: En 2021 la Presa Calderón no pudo operar adecuadamente debido a la desecación, provocando la escasez de agua durante dos meses para más de 300 mil habitantes en el Área Metropolitana de Guadalajara (Meléndez, 2024). Este mismo año, el mandatario en turno informó que la presa permanecía al 31% de su capacidad, lo que le permitía a la planta potabilizadora San Gaspar recibir el recurso y distribuirlo en la zona norte de la ciudad. Sin embargo, debido a las graves sequías que afectaron el área desde un año atrás, el titular de la Secretaría de Gestión Integral del Agua (SGIA) Jorge Gastón González informó que el suministro de agua sería limitado (Gobierno de Jalisco, 2021).

Fue por esta problemática que en su momento se reactivó el Sistema Calderón, un Plan de Suministro Rotatorio implementado por el SIAPA, donde se intervino con infraestructura hidráulica para reducir el número de colonias sin suministro de agua (Gobierno de Jalisco, 2021). Mientras tanto, en 2024 la situación fue la misma, se reportó que la presa permanecía a un 25% de su capacidad, por lo que el desabastecimiento de agua para el AMG se repitió (Meléndez, 2024).

Por otro lado, un estudio a cargo del ITESO estimó que hasta junio de 2026 la presa se mantendría con un 55% de su capacidad, todo esto manteniendo las condiciones de uso desde 2025 hasta 2026, que incluyen principalmente el balance entre la extracción de agua hacia la ciudad y el flujo que recibe la presa La Red (Meléndez, 2024).

El agua es fuente de vida, beneficia no solamente a las poblaciones humanas, sino que mantiene el balance natural al posibilitar la vida de flora y fauna, el desconocimiento de su escasez propicia el desinterés en su gestión. Otro problema importante es que algunos quedan excluidos del acceso al agua, ya sea por ubicación, falta de infraestructura hidráulica adecuada o por las condiciones socioeconómicas propias de ciertos poblados. Frente a la escasez, se vuelve necesario equilibrar la oferta y la demanda de agua, implementando también medidas sustentables que contribuyan a la reducción de la crisis del agua (Hernández-García, 2013).

CONSULTA PÚBLICA



III.6. AIRE

III.6.1. Dirección del viento

Para el propósito de este estudio se analizaron los datos de dirección del viento en 4 sectores de dirección y clases de velocidad del viento para una localidad y un periodo de tiempo dado. Para ello, se utilizó la información empleada por las estaciones del Sistema Meteorológico Nacional **"Guadalajara"** (Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Guadalajara - meteoblue) dentro del estado de Jalisco, **"Irapuato"** (Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Irapuato - meteoblue) **dentro del estado de Guanajuato, y "León de los Aldama"** (Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para León de los Aldama - meteoblue) dentro del estado de Guanajuato con datos recopilados por medio de *meteoblue* con datos recopilados de 30 años:

Tabla III.108. Estación Meteorológica Automatizada "Guadalajara y Guanajuato" dentro de la RE. Elaboración propia.

Estado	Nombre	Latitud N	Longitud W	Altitud (m)
JALISCO	Guadalajara	20.68	-103.35	1,556
IRAPUATO	Guanajuato	20.67	-101.36	1,751
GUANAJUATO	Guanajuato	21.12	-101.68	1,803

Con base en el análisis anterior, para la estación de Guadalajara se determinó que los vientos predominantes oscilan entre 5-10 km/h a 10-20 km/h; en los meses de julio a enero estas velocidades se mantienen relativamente equitativas a lo largo de esos meses, pero específicamente en febrero comienzan a aumentar los vientos de 10-20 km/h y se vuelven predominantes dentro en marzo, abril, mayo y junio. Pot otro lado, vientos de 20-30 km/h sólo se registran durante pocos días de cada mes. En tanto, los vientos predominantes proceden del noreste y del suroeste.

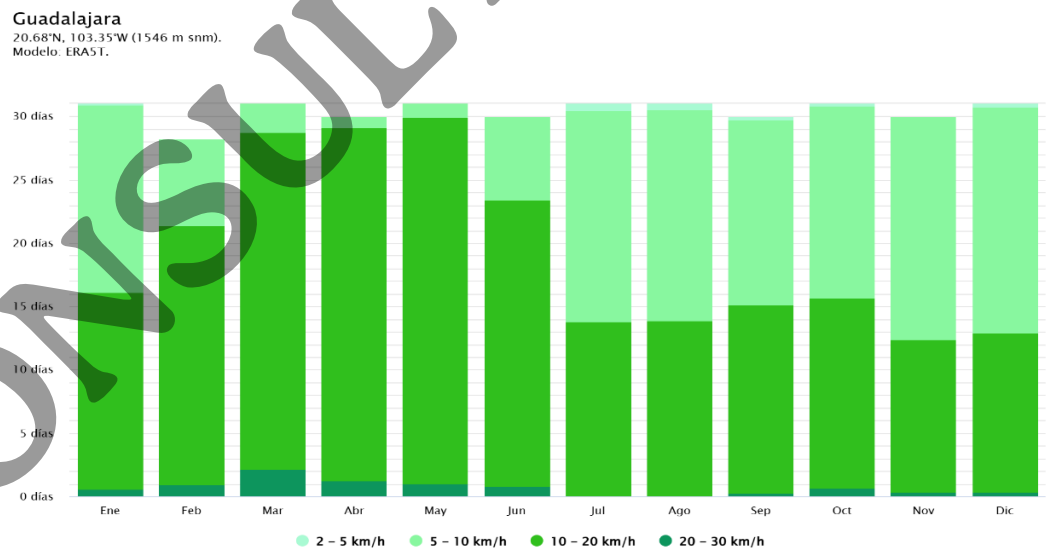


Figura III.102. Gráfico de distribución de la velocidad de los vientos dentro de Guadalajara a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años.

CONSULTA PÚBLICA



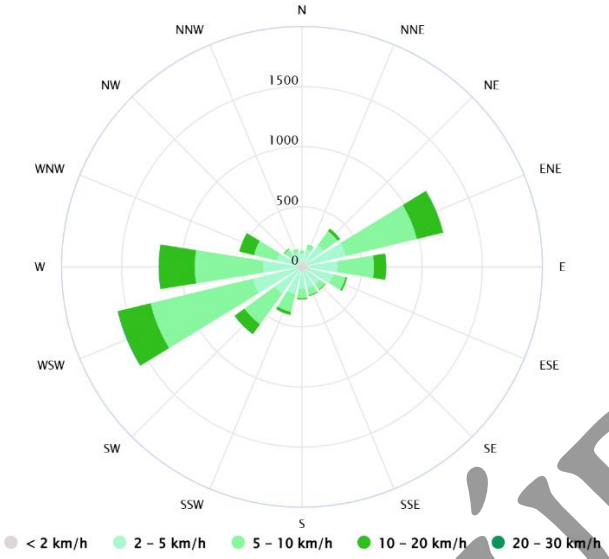


Figura III.103. Rosa de los vientos dentro de Guadalajara a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años.

Para el caso de la estación de Irapuato, los vientos predominantes durante todo el año son los de 10-20 km/h. La tendencia que se observa es que en los meses de julio a enero, los vientos se vuelven un poco más equitativos entre velocidades de 5-10 km/h, 10-20 km/h, y en pequeño porcentaje, de 20-30 km/h. Asimismo, entre febrero y junio los vientos más veloces (20-30 km/h) se vuelven más dominantes. En cuanto a la dirección de los vientos, la mayoría de ellos proviene del noreste.

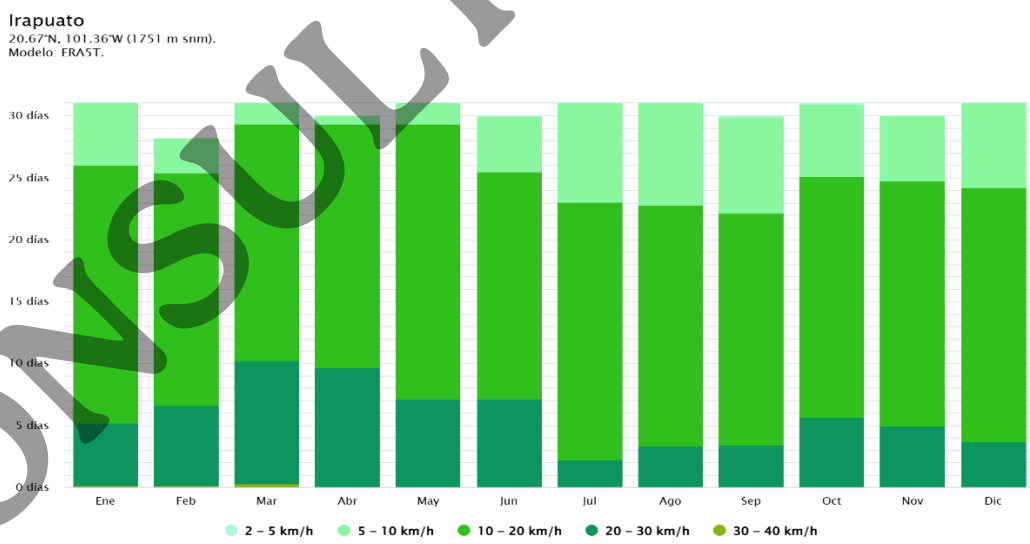


Figura III.104. Gráfico de distribución de la velocidad de los vientos dentro de Irapuato a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años.

CONSULTA PÚBLICA





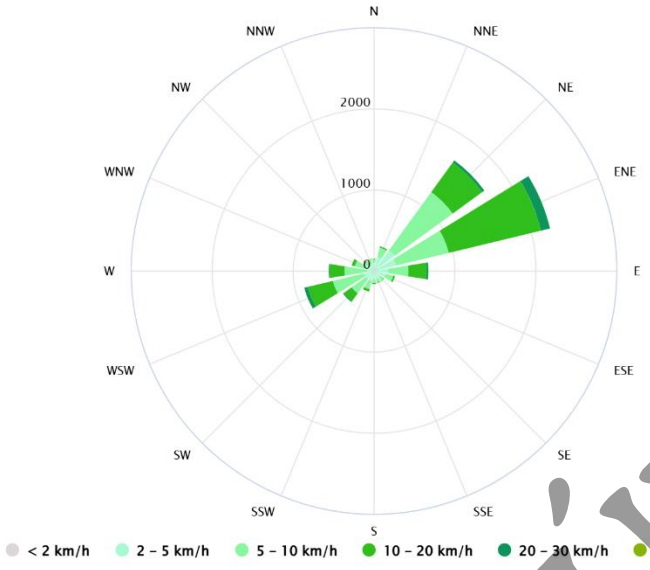


Figura III.105. Rosa de los vientos dentro de Irapuato a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años.

Por último, para la estación de León de los Aldama, al igual que en la estación anterior, los vientos predominantes durante todo el año son los de 10-20 km/h. La tendencia que se observa es que, en los meses de julio a enero, los vientos se vuelven un poco más equitativos entre velocidades de 5-10 km/h, 10-20 km/h, y en pequeño porcentaje, de 20-30 km/h. Asimismo, entre febrero y junio los vientos más veloces (20-30 km/h) se vuelven más dominantes. En cuanto a la dirección de los vientos, estos vienen más cargados de una dirección este.

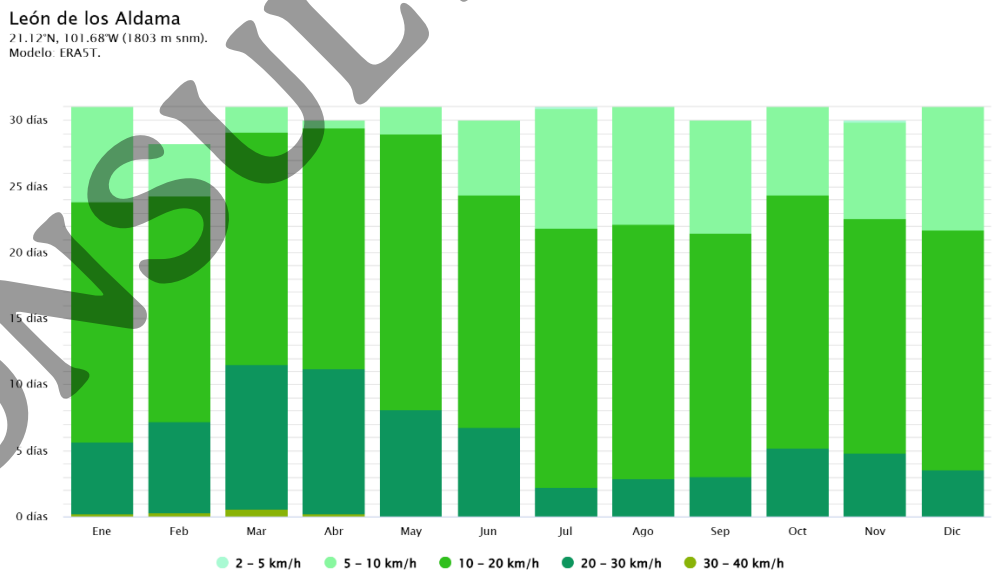


Figura III.106. Gráfico de distribución de la velocidad de los vientos dentro de León de los Aldama a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años.

CONSULTA PÚBLICA





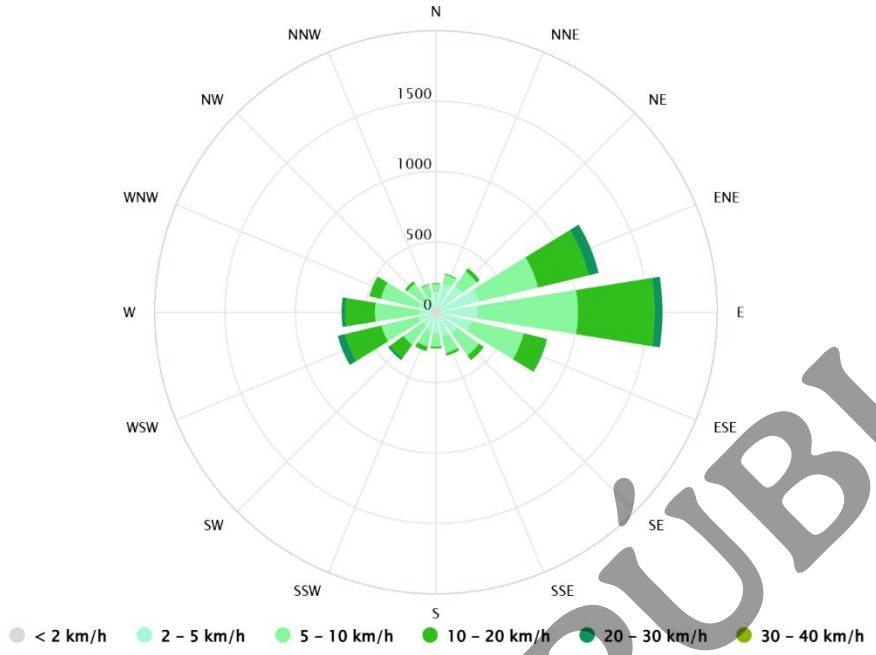


Figura III.107. Rosa de los vientos dentro de León de los Aldama a lo largo del año. Tomado de Meteoblue con datos de 30 años.

III.6.2. Calidad del aire

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire se puede reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo. Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras (OMS 2021). En México, de acuerdo con estimaciones del Centro Mario Molina, en 2013 se pudieron evitar 720 muertes prematuras en adultos de cumplirse con el límite que marca la NOM-025-SSA1-2014 para el contaminante PM2.5. Para este mismo contaminante la Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA), antes Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT), estimó que, de cumplirse la norma, en el 2016 se pudieron evitar 5.8 % de muertes prematuras.

Los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (PROAIRE) responden a la necesidad de los estados de contar con un instrumento de carácter preventivo y/o correctivo en materia de calidad del aire y protección a la salud, así como para dar cumplimiento al marco jurídico aplicable en esta materia. A través de estos programas se logran aspectos como los siguientes:

CONSULTA PÚBLICA





- Fomentar la participación de los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal), así como de la industria, la academia y la sociedad civil organizada, en la atención de la problemática de contaminación del aire.
- Generar un diagnóstico de las causas que influyen en la calidad del aire en la zona de estudio.
- Identificar las principales fuentes de emisión de contaminantes del aire.
- Definir medidas y acciones enfocadas en la reducción de emisiones, fortalecimiento institucional, protección a la salud, estrategias de comunicación y educación ambiental.

Actualmente en México se tienen 23 ProAire vigentes, con una población potencialmente beneficiada de 93 millones 680 mil 845 habitantes. Con esto se cubren 23 Entidades Federativas del país con ProAire vigentes. Adicionalmente, se encuentran en proceso de actualización los ProAire de Jalisco, San Luis Potosí y Tlaxcala. Por otro lado, el estado de Querétaro cuenta con la aprobación técnica de la actualización de su ProAire estatal, mismo que se encuentra en proceso de publicación por parte de la entidad.

Para el análisis de la calidad del aire dentro de la Región Ecológica (RE), se realizó la revisión de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (PROAIRE) para los estados de Jalisco y Guanajuato.

a) Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (PROAIRE-GTO) 2021-2030

Análisis de la información: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/994246/40_ProAire_Guanajuato.pdf
Responsable: Secretaría de Agua y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato **Periodo:** 2021-2030.

El estado de Guanajuato es uno de los pocos que genera sus propios inventarios de emisiones de contaminantes criterio y precursores, así como GyCEI. Durante 2023 se actualizó el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021, instrumento validado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat. Este inventario incluye las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), bióxido de azufre (SO_2), partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros (PM_{10}), y menor a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoniaco (NH_3). En el caso de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, estos son contabilizados al ser considerados precursores de ozono.

En esta última actualización se incluye la evaluación de las cuatro principales fuentes de emisión: las fuentes fijas en las que se incluyen los establecimientos asentados en la región y que son del tipo industrial; las fuentes de área, que son fuentes demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas, e incluyen comercios, servicios y otras actividades; las fuentes naturales, en las que se incluyen las fuentes biogénicas; y finalmente las fuentes móviles, representadas por los vehículos de carretera y de no carretera (maquinaria agrícola, de construcción y aviación). De acuerdo con este inventario, las emisiones totales del estado de Guanajuato para ese año se distribuyeron de la siguiente manera: PM_{10} con 28,403.25 ton/año, $PM_{2.5}$ con 16.835.22 ton/año, SO_2 con

CONSULTA PÚBLICA



10,157.53 ton/año, CO con 411,389.33 con ton/año, NOx con 143,142.71 ton/año, COV con 290,480.58 ton/año y NH_3 con 35,892.75 ton/año.

Tabla III.109. Total de emisiones por tipo de fuente y contaminante (ton/año). PROAIRE-GTO, 2021.

Fuentes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
Área	19,339.79	8,801.33	350.39	49,050.69	2,360.53	85,697.58	35,345.65
Fijas	4,080.83	3,475.98	8,650.48	6,286.51	6,904.28	6,142.01	177.87
Móviles	4,982.63	4,557.91	1,156.66	356,052.14	77,817.50	46,547.93	369.23
Naturales	NA	NA	NA	NA	56,060.40	152,093.07	NA
Total general	28,403.25	16,835.22	10,157.53	411,389.33	143,142.71	290,480.58	35,892.75



Figura III.108. Contribución de las fuentes evaluadas a las emisiones totales en el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021.

CONSULTA PÚBLICA



- **Principales fuentes de emisión**

A continuación, se presenta una síntesis de las principales fuentes de emisión dentro del estado de Guanajuato.

Contaminación por quemas a cielo abierto:

Se tiene identificado que poco más del 45 por ciento de los episodios en que se excede el valor límite de PM_{10}, se registraron durante la temporada invernal y ciclos agrícolas, en la cual, las quemas de pastizales y de residuos sólidos en zonas urbanas, así como la quema de esquilmos, se identifican como fuentes clave. Así mismo, en el año 2022 de un total de 11 mil 315 quemas registradas, las de mayor incidencia fueron de pastizales en zona urbana con un 58 por ciento, seguido de la quema de casa y vehículos con 13 por ciento, basura con 11 por ciento y un 15 por ciento correspondió a otros eventos. Los municipios con mayor cantidad de reportes son los del corredor industrial (Celaya, Irapuato, León, y Salamanca), seguido de municipios de la zona sur (Acámbaro, Salvatierra y Yuriria) (SAMA, 2022).

Las fuentes móviles:

El estado de Guanajuato cuenta con un registro de poco más de 2.2 millones de vehículos, de los cuales 57 por ciento se concentra en los municipios de Celaya, Irapuato, León, Salamanca y Silao de la Victoria. La antigüedad promedio del parque vehicular es de 19 años, por lo que, gran parte de estos vehículos no cuentan con convertidor catalítico para el control de emisiones atmosféricas, o bien, por su kilometraje debería ser reemplazado. De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato año base 2021 , la flota vehicular del estado aporta el 42 por ciento y 16 por ciento de las emisiones totales de NOX y COV, respectivamente, contaminantes precursores del ozono (O3) y perjudiciales para la salud de la población (SAMA, 2024).

Industria ladrillera:

El estado de Guanajuato, según el censo en 2014 se contabilizaron 2 mil 184 hornos para la producción artesanal de ladrillo distribuidos en 38 municipios, los datos parciales en 2022 presentan un total de 2 mil 265 hornos, lo ha posicionado al estado como la tercera entidad en el país con mayor cantidad de ladrilleras. El 99.9 por ciento de los hornos operan sin regulación ambiental. Esta problemática es consecuencia, principalmente, de la ubicación de los hornos en sitios no compatibles para el desarrollo de la actividad productiva, de conformidad tanto con los Programas Municipales de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial, como el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato, PED 2040. Adicionalmente, las prácticas rudimentarias para la producción, y el uso intensivo y no regulado de recursos naturales, tales como: arcillas de procedencia ilegal, consumo de agua y recursos forestales; así como el uso de combustibles no autorizados, conllevan impactos al medio ambiente y efectos adversos en la salud de las personas productoras y la población en general (SAMA, 2017).

CONSULTA PÚBLICA





Emisiones por industria:

De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021, las emisiones provenientes de la industria (fuentes fijas) tanto de jurisdicción estatal como federal, se muestran en la siguiente tabla, desglosadas por sector industrial.

Tabla III.110. Total de emisiones por tipo de industria. PROAIRE-GTO, 2021.

Emisiones totales, Ton/año							
Sector industrial	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	2.81	2.76	0.35	38.42	36.18	3.04	1.14
Alimentos y bebidas	36.66	31.92	717.37	872.18	450.87	54.11	7.73
Automotriz	1,061.09	910.26	3.04	499.48	282.18	1,992.84	5.54
Celulosa y Papel	2.24	2.24	0.19	24.73	21.98	200.09	0.87
Cemento y cal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuero, piel y materiales sucedáneos	14.55	13.38	133.19	141.34	381.85	25.16	0.61
Derivados el petróleo y carbón	3.95	3.04	237.40	14.01	65.18	3.27	0.25
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.03	0.03	0.00	0.36	0.63	0.00	0.00
Fabricación de productos metálicos	97.88	1.83	0.35	1,056.02	1,823.24	1.57	0.67
Generación de energía eléctrica	1,842.21	1,817.80	1,944.09	2,192.84	1,542.24	193.71	115.95
Impresión	0.79	0.70	57.62	6.30	12.50	0.41	0.30
Industria de la madera	0.00	0.00	0.00	0.06	0.12	0.01	0.00
Industria textil	1.80	1.32	72.25	11.02	16.12	0.90	0.26
Manejo de desechos y remediación	1.78	1.28	18.24	3.76	14.15	0.79	0.04
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	402.95	310.23	34.69	212.97	333.11	58.15	5.86
Mezclas Químicas	1.07	1.07	0.15	12.56	15.43	0.94	0.39
Minerales no metálicos	21.41	20.35	43.47	301.79	372.25	25.35	5.09
Muebles, colchones y persianas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras industrias	8.18	7.61	38.42	174.78	133.59	11.31	2.68
Papel y cartón	0.40	0.40	0.36	4.19	8.95	0.55	0.11
Petróleo y Petroquímica	386.81	189.58	5,098.09	467.43	980.69	2,982.69	21.00
Pinturas y tintas	3.89	2.23	0.02	1.87	2.27	93.38	0.07
Plástico y hule	4.88	3.26	2.46	42.52	73.88	4.24	1.27
Química	184.88	154.96	248.60	207.77	336.29	485.74	8.02
Tratamiento de residuos peligrosos	0.54	0.23	0.14	0.11	0.60	3.77	0.01
Total general	4,080.83	3,475.98	8,650.48	6,286.51	6,904.28	6,142.01	177.87

Respecto a las emisiones de PM10, es la industria de la generación de energía eléctrica la mayor generadora de este contaminante, contribuyendo con hasta un 45.14%. Le siguieron con un 26.00 % de contribución la industria automotriz, la industria metalúrgica (incluye la siderúrgica) con un 9.87%, la industria del petróleo y petroquímica con un 9.48%, la química con un 4.53% y los demás sectores con un 4.97%.

En lo que concierne a emisiones de PM2.5, el patrón de emisiones tiene mucha similitud con el de las partículas menores a 10 micras: es la industria de la generación de energía eléctrica el sector más significativo, con un 52.28% del total.

Le siguen la industria automotriz con un 26.19%, la industria metalúrgica con un 8.92%, y la industria del petróleo y petroquímica con un 5.45% . En el caso de las emisiones de NOX,

CONSULTA PÚBLICA



la industria de productos metálicos es la principal emisora, aportando hasta un 26.41% del total de este contaminante.

Le sigue la industria de generación de energía eléctrica con un 22.34%, la industria del petróleo y petroquímica con un 14.20%, la de alimentos y bebidas con un 6.53%, y la del cuero, piel y materiales sucedáneos con un 5.53%.

Las emisiones de dióxido de azufre fueron generadas en su mayor parte por el sector de la industria del petróleo y petroquímica, que representó el 58.93%% de las emisiones totales de este contaminante. Le sigue en menor proporción la industria de la generación de energía eléctrica y la industria de alimentos y bebidas, con un 22.47% y 8.29% de contribución, respectivamente.

Para el monóxido de carbono (CO), la industria de la generación de energía eléctrica emitió un 34.88% y el de fabricación de productos metálicos, un 16.80%, seguidos por la industria de alimentos y bebidas con un 13.87%, y en menor proporción con el 7.95% la industria automotriz y con el 7.44% la industria del petróleo y petroquímica.

Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, la fuente más representativa fue la de la industria del petróleo y petroquímica, que representó el 48.56% del total generado, seguido de la industria automotriz con un 32.45%, y de la industria química con un 7.91%. Los otros sectores contribuyen con el 11.08% restante.

b) Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Jalisco (PROAIRE-JALISCO) 2014-2020

Análisis de la información: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/418381/13_ProAire_Jalisco.pdf
Responsable: Secretaría de Agua y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato **Periodo:** 2014-2020.

El problema de los contaminantes emitidos en el área urbana de Guadalajara, como en la mayor parte de las grandes ciudades de México, se encuentra estrechamente relacionado con su esquema de desarrollo urbano, tecnológico e industrial. Guadalajara, a partir de 1934, ha sido un importante centro comercial y manufacturero, lo que ha provocado un incremento de las vías de comunicación y el flujo migratorio; esto ha acentuado de manera directa e indirecta la creciente emisión de contaminantes atmosféricos desde entonces a la fecha.

En un inventario que realizó la SEMARNAP se advierte que las principales fuentes de contaminación atmosférica del área metropolitana de Guadalajara son el transporte, el suelo, la industria y los servicios.

Diferentes estudios efectuados en otros países han mostrado nexos significativos entre los contaminantes atmosféricos monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), partículas menores de 10 micras (PM_{10}) y ozono (O_3) y las infecciones agudas de las vías y otras enfermedades respiratorias en niños menores de 15 años; más aún, algunos contaminantes registrados por debajo de la norma oficial afectan también la salud de la población infantil.

De acuerdo con este inventario, las emisiones totales por PM_{10} corresponde a 37,669.54 ton/año en donde las fuentes fijas fueron las principales emisoras de este contaminante. Para

CONSULTA PÚBLICA

el caso de las $PM_{2.5}$, la emisión total corresponde a 23,576.33 ton/año siendo de igual manera las fuentes fijas las principales emisoras de este tipo de contaminante.

En el caso del SO_2, las emisiones totales corresponden a 28,888.26 ton/año siendo también las fuentes fíjas las principales emisoras de este tipo de contaminante. Por parte de los CO, las emisiones totales ascienden a 4,371,967.53 ton/ha con las fuentes móviles como aquellas que emiten en mayor medida a este contaminante.

Para el NOx, se reportan emisiones de 323,005.79 ton/año emitidas principalmente por las fuentes de área, principalmente. Para el COV se reporta la emisión de 922,827.17 ton/año emitidas principalmente por fuentes naturales, y por último, el NH_3 reporta emisiones por 82,301.06 ton/año, principalmente por las fuentes de área y las fijas.

Tabla III.111. Total de emisiones por tipo de fuente y contaminante (ton/año). PROAIRE-JALISCO, 2014.

FUENTES	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
Fijas	8,767.76	5,398.81	23,897.00	3,216.43	6,322.57	15,622.70	1,983.16
Área	24,642.44	14,470.49	1,727.60	93,470.67	24,705.79	131,153.17	72,324.15
Naturales	-	-	-	-	85,757.86	342,958.90	-
Móviles	4,259.34	3,707.03	3,263.66	4,275,280.43	206,219.57	433,092.40	7,993.75
Totales	**37,669.54**	**23,576.33**	**28,888.26**	**4,371,967.53**	**323,005.79**	**922,827.17**	**82,301.06**

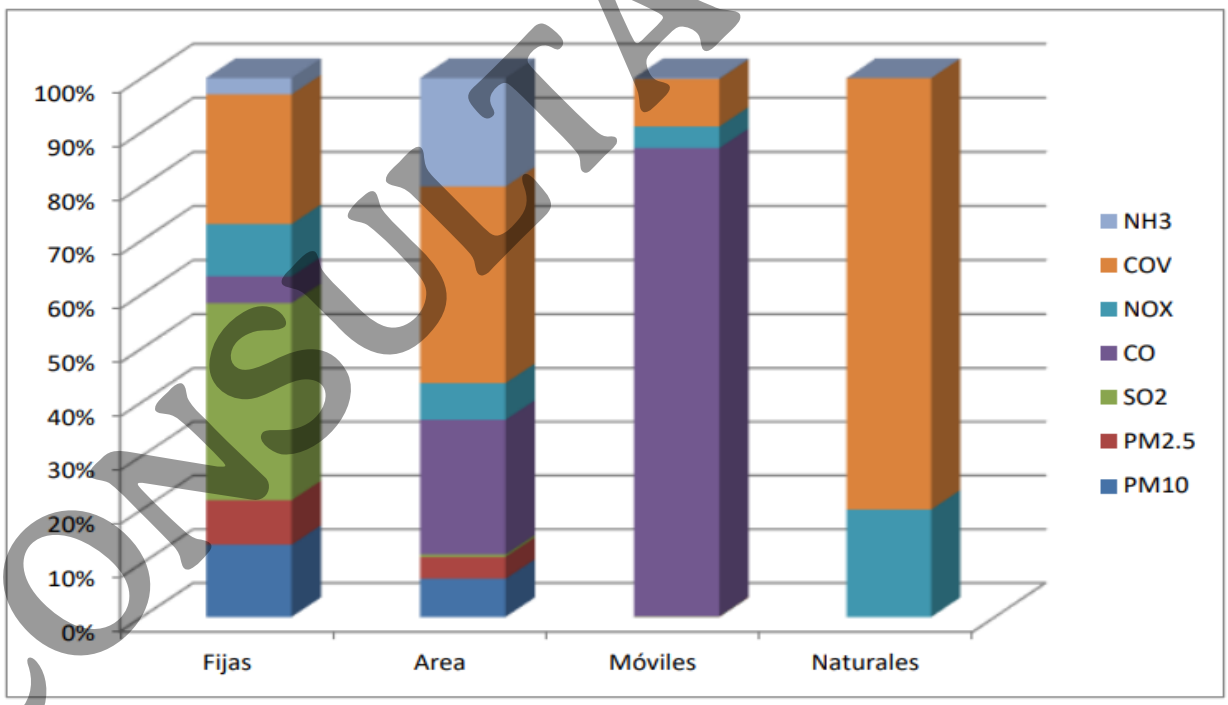


Figura III.109. Porcentaje de emisiones de contaminantes a la atmósfera, por contaminante del Estado de Jalisco, 2014.

CONSULTA PÚBLICA

- **Principales fuentes de emisión**

Fuentes fijas:

Las emisiones anuales generadas por las fuentes fijas en el 2008 en el Estado de Jalisco son de 65,208.43 ton/año, de las cuales 8,767.76 ton/año de PM_{10}, 5,398.81 ton/año de $PM_{2.5}$, 23,897.00 ton/año de SO_2, 3,216.43 ton/año de CO, 6,322.57 ton/año de NOX, 15,622.70 ton/año de COV y 1,983.16 ton/año de NH_3.

Para el caso de las emisiones de PM_{10}, PM 2.5, NOX, , SO2, NH_3 y CO el principal emisor es la industria alimenticia, para las emisiones de COV el principal emisor es la industria química.

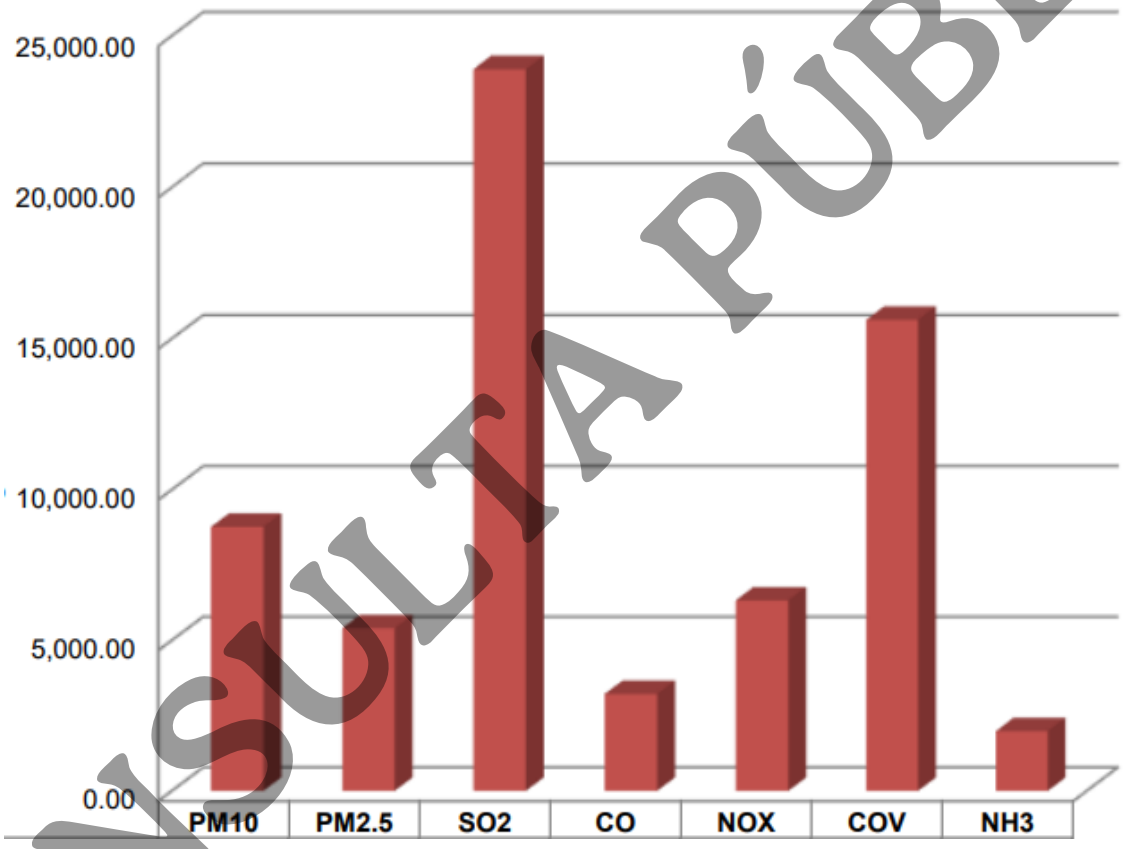


Figura III.110. Emisiones anuales de fuentes fijas del Estado de Jalisco, 2014.

CONSULTA PÚBLICA

Fuentes móviles:

Las emisiones anuales generadas por las fuentes móviles en el Estado de Jalisco en 2008 son de 4,259.34 ton/año de PM_{10}, 3,707.03 ton/año de $PM_{2.5}$, 3,263.66 ton/año de SO_2, 4'275,280.43 ton/año de CO, 206,219.57 ton/año de NOX, 433,092.40 ton/año de COV y 7,993.75 ton/año de NH_3.

Para el caso de las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$, el principal emisor dentro de la categoría de fuentes móviles es la Maquinaria Agrícola, la principal fuente de emisión de SO_2 son de manera predominante los aeropuertos y su equipamiento, en el caso del CO y el COV son las camionetas Pick Up, las fuentes principales de NH_3 y NO_X son los vehículos particulares.

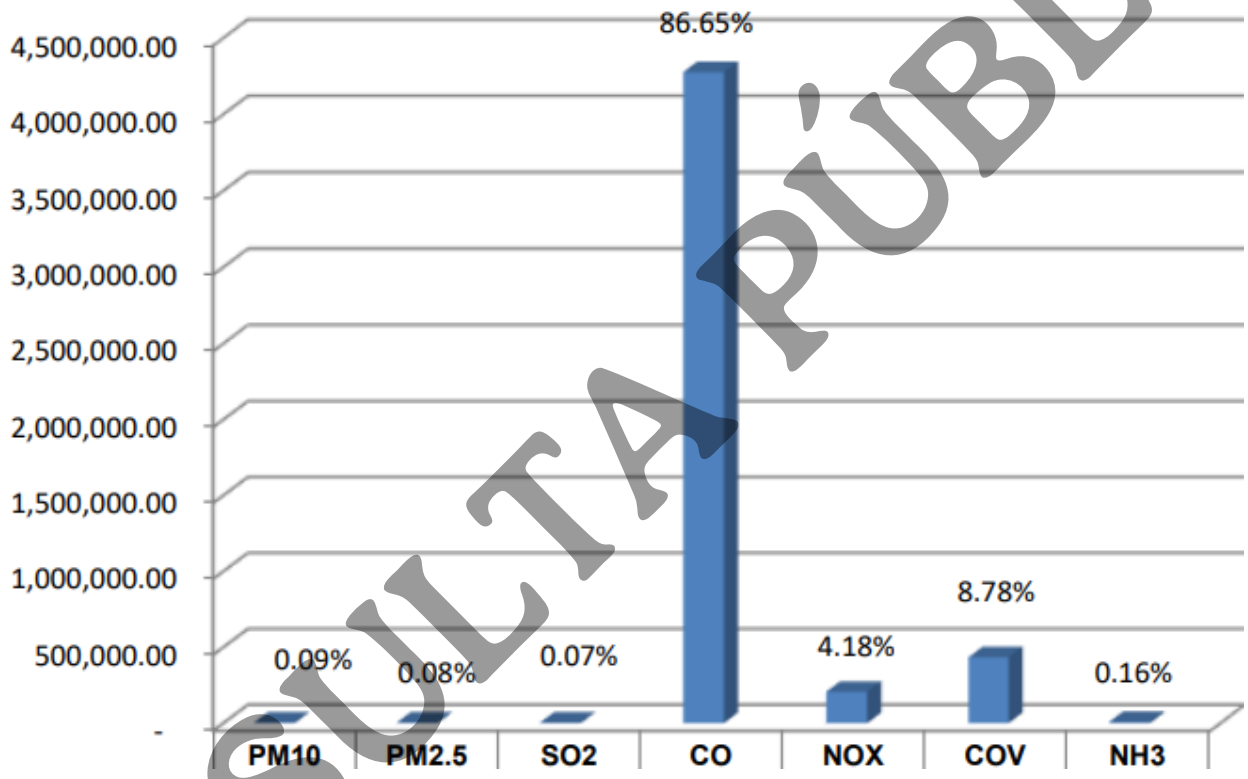


Figura III.111. Emisiones anuales de fuentes móviles del Estado de Jalisco, 2014.

Fuentes de área:

Las emisiones anuales generadas por las fuentes de área en el 2008 en el Estado de Jalisco en total son 362,494.31 ton/año los cuales la aportación particular de cada contaminante es: 24,642.44 ton/año de PM_{10}, 14,470.49 ton/año de $PM_{2.5}$, 1,727.60 ton/año de SO_2, 93,470.67 ton/año de CO, 24,705.79 ton/año de NO_X, 131,153.17 ton/año de COV y 72,324.15 ton/año de NH_3.

El principal contaminante emitido por las fuentes de área son los COV, pues se estimó que se emitieron más de 131 ton/año. Para el caso de las emisiones de PM10 se relaciona directamente con las actividades de labranza para el caso de las emisiones de PM2.5 , COV y

CONSULTA PÚBLICA

de CO el principal emisor es la combustión doméstica, la principal fuente de emisión de SO2 y de NOX son las actividades de combustión principalmente la agrícola, las fuentes principales de NH3 son las emisiones ganaderas de amoniaco.

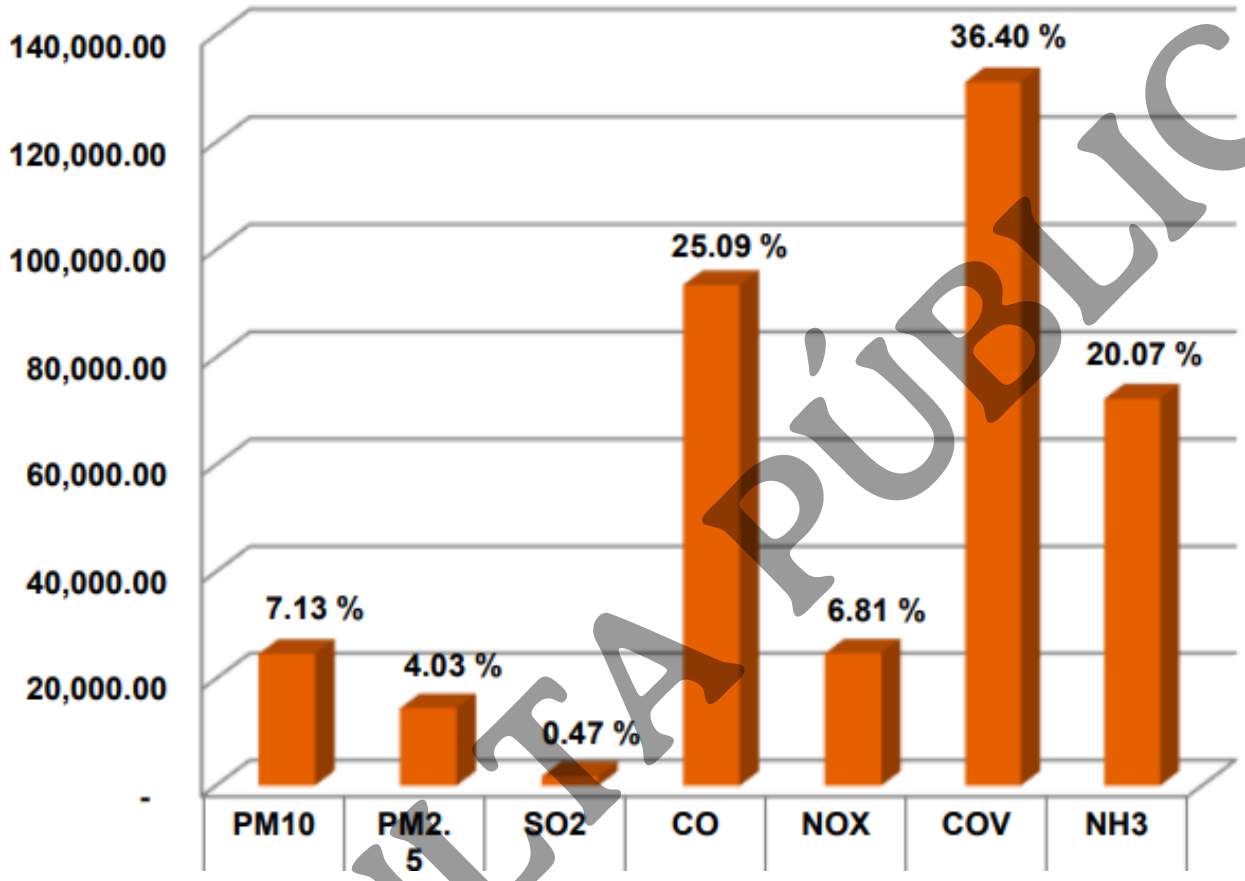


Figura III.112. Emisiones anuales de fuentes de área del Estado de Jalisco, 2014.

Fuentes naturales:

Como parte de las emisiones generadas por las fuentes naturales, se estimaron las emisiones de COV provenientes de la vegetación y de NO_X, provenientes de los procesos microbianos de nitrificación en el suelo; este tipo de emisiones naturales también son conocidas como emisiones biogénicas.

Los COV biogénicos son sintetizados por las plantas como parte de sus procesos de reproducción, de defensa, etc., y en regiones en donde se combinan con emisiones de otras fuentes, pueden contribuir significativamente al problema de la formación de O_3 y partículas orgánicas secundarias.

En términos generales, estas emisiones tienen una baja tasa de contribución dentro de las áreas urbanas debido a que la cantidad de vegetación es considerablemente menor, comparada con áreas agrícolas o forestales, sin embargo, dada la elevada reactividad de estos

CONSULTA PÚBLICA



compuestos en la atmósfera, es importante cuantificarlas, así como considerar las áreas con amplia cubierta vegetal localizadas viento arriba de la región en estudio.

Durante el año 2008, las emisiones de COV biogénicos en las zonas de estudio fueron aproximadamente de 342,959 ton/año, en tanto que los NO_X se estimaron en 85,758 ton/año. Es importante mencionar que para la estimación se consideró toda la superficie con cubierta vegetal, que incluye áreas verdes, parques y jardines, así como las regiones agrícolas y forestales localizadas dentro del Estado de Jalisco.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte medio abiótico> Aire.***

CONSULTA PÚBLICA



III.7. BIODIVERSIDAD

III.7.1. Regionalización de la flora y vegetación

a) Divisiones Florísticas

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Rzedowski, J., Reyna-Trujillo, T. (1990); INEGI, 1990.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se determinó la incidencia dentro de 4 Divisiones Florísticas conforme a lo siguiente: se incide dentro de un 91.41 % dentro de la denominada Altiplanicie, seguida de la Costa Pacífica con un 4.56 %, después de la Sierra Madre Oriental con un 2.07 %, y por último dentro de la Sierra Madre Occidental en un 1.96 %.

En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo se incide dentro de 1 División Florística, correspondiendo con la Altiplanicie en la cual incide en un 100 %.

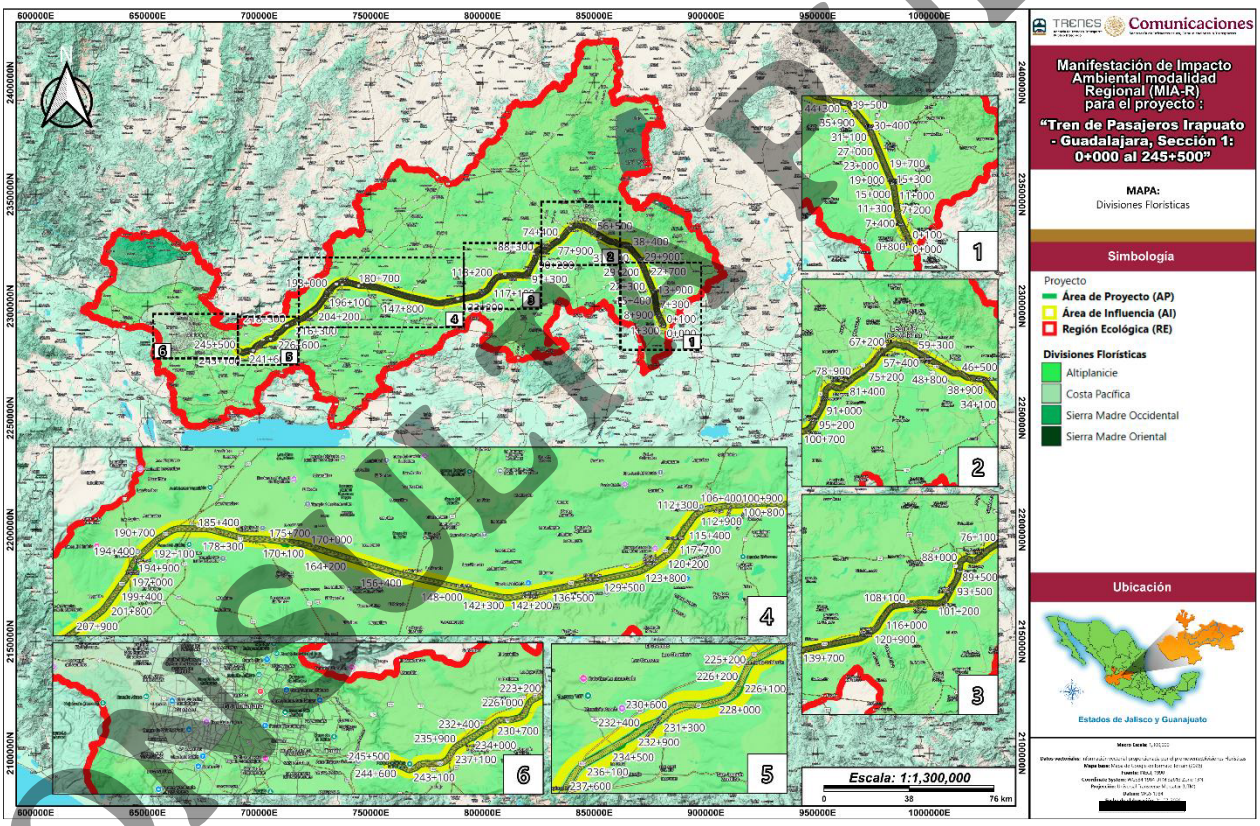


Figura III.113. Divisiones Florísticas dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte biodiversidad> f) Divisiones Florísticas.***

CONSULTA PÚBLICA

b) Ecorregiones Florísticas

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Ecorregiones Florísticas de México. INEGI, 2008.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se incide dentro de 3 Ecorregiones Florísticas Nivel I conforme a lo siguiente: el 85.67 % corresponde a Elevaciones Semiáridas Meridionales, en 11.05 % dentro de Sierras Templadas y el 3.28 % restantes dentro de las Selvas Cálido-Secas. Para el Área del Proyecto (AP) se presentan la incidencia dentro de las Elevaciones Semiáridas Meridionales en un 91.09 % y en Sierras Templadas en un 7.95 %, mientras que el 0.96 % no cuenta con información del vector.

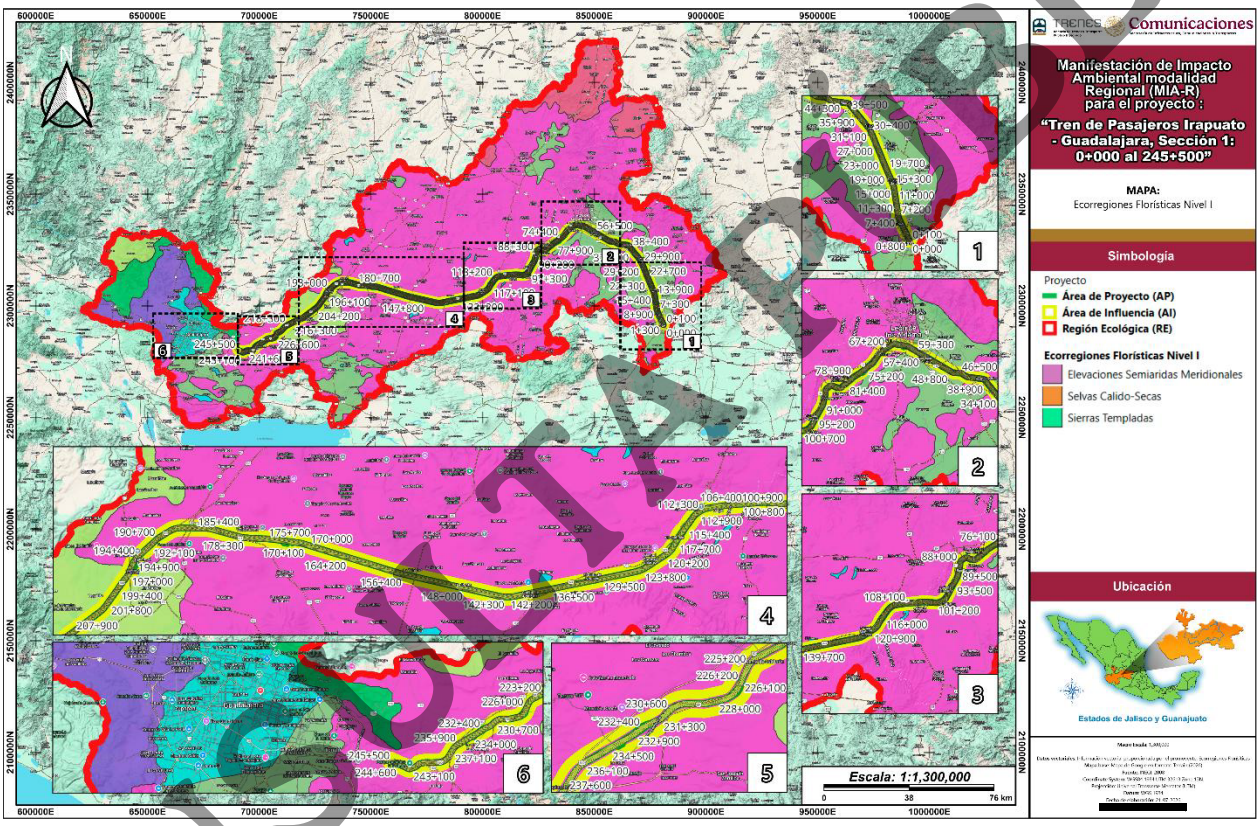


Figura III.114. Ecorregiones Florísticas Nivel I dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia.

Para el caso de las Ecorregiones Florísticas Nivel II se incide dentro de 6 de ellas conforme a lo siguiente: el 79.47 % dentro de la Altiplanicie Mexicana, el 6.55 % dentro del Sistema Neovolcánico Transversal, el 5.65 % dentro del Piedemonte de la Sierra Madre Occidental, el 4.50 % dentro de la Sierra Madre Occidental, el 3.28 5 dentro de la Planicie Costera, Lomeríos y Cañones del Occidente y el 0.28 % restante dentro de Cuerpos de Agua.

Para el caso del AP, la Altiplanicie Mexicana abarca en un 91.09 % y la Sierra Madre Occidental en un 7.95 % de modo en que el 0.96 % restante no cuenta con información del vector.

CONSULTA PÚBLICA

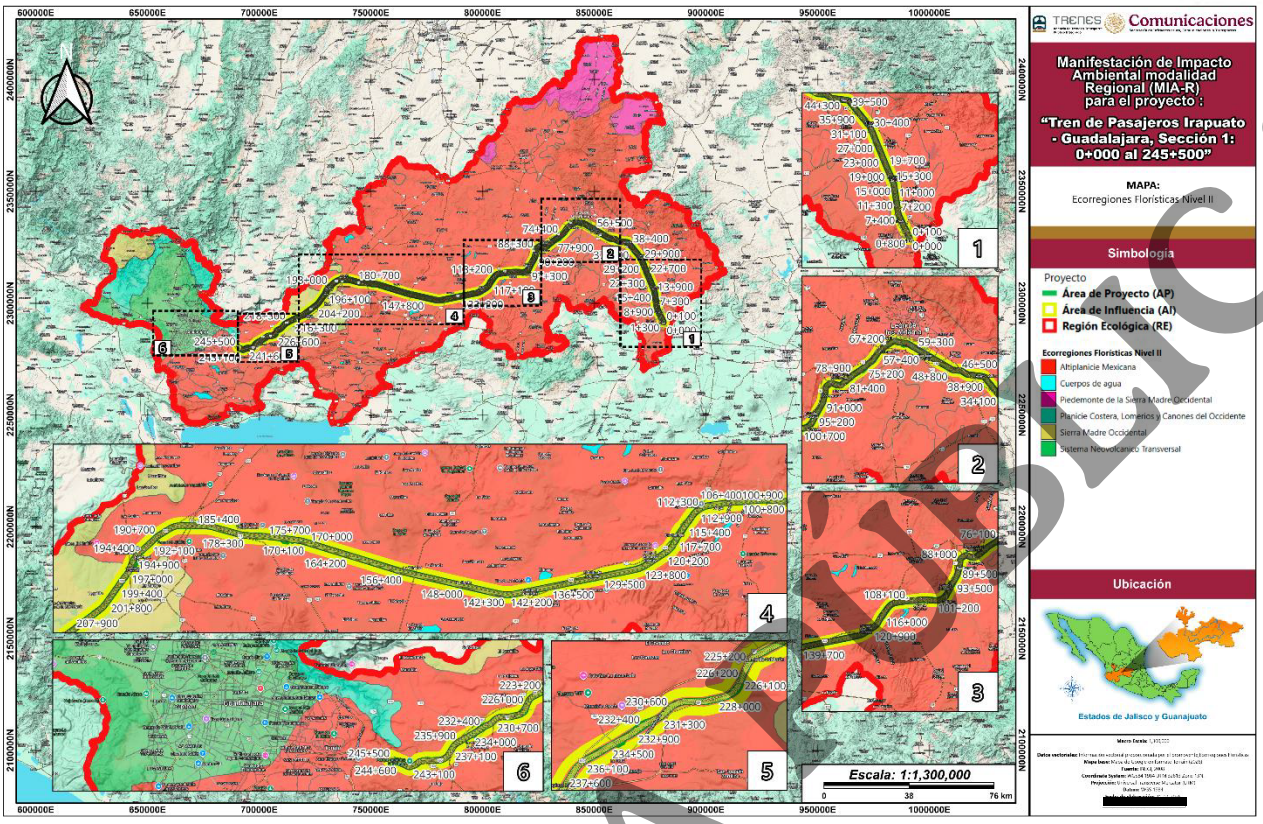


Figura III.115. Ecorregiones Florísticas Nivel II dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia.

Para las Ecorregiones Florísticas Nivel III se incide dentro de 6 de ellas conforme a lo siguiente: dentro de los Lomeríos y Planicies del Interior con Matorral Xerófilo y Bosque Bajo de Mezquite con un 79.74 %, en los Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México en un 6.55 %, dentro de la Piedemontes y Planicies con Pastizal, Matorral Xerófilo y Bosques de Encino y Coníferas en un 5.65 %, dentro de Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos de la Sierra Madre Occidental en un 4.50 %, en Lomeríos de Sonora y Sinaloa y Cañones de la Sierra Madre Occidental con Matorral Xerófilo y Selva Caducifolia en un 3.28 %, y en un 0.28 % sobre Cuerpos de Agua.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), el 91.09 % se incide dentro de los Lomeríos y Planicies del Interior con Matorral Xerófilo y Bosque Bajo de Mezquite, en 7.95 % dentro de Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos de la Sierra Madre Occidental, y en un 0.96 % con áreas sin información del vector.

CONSULTA PÚBLICA



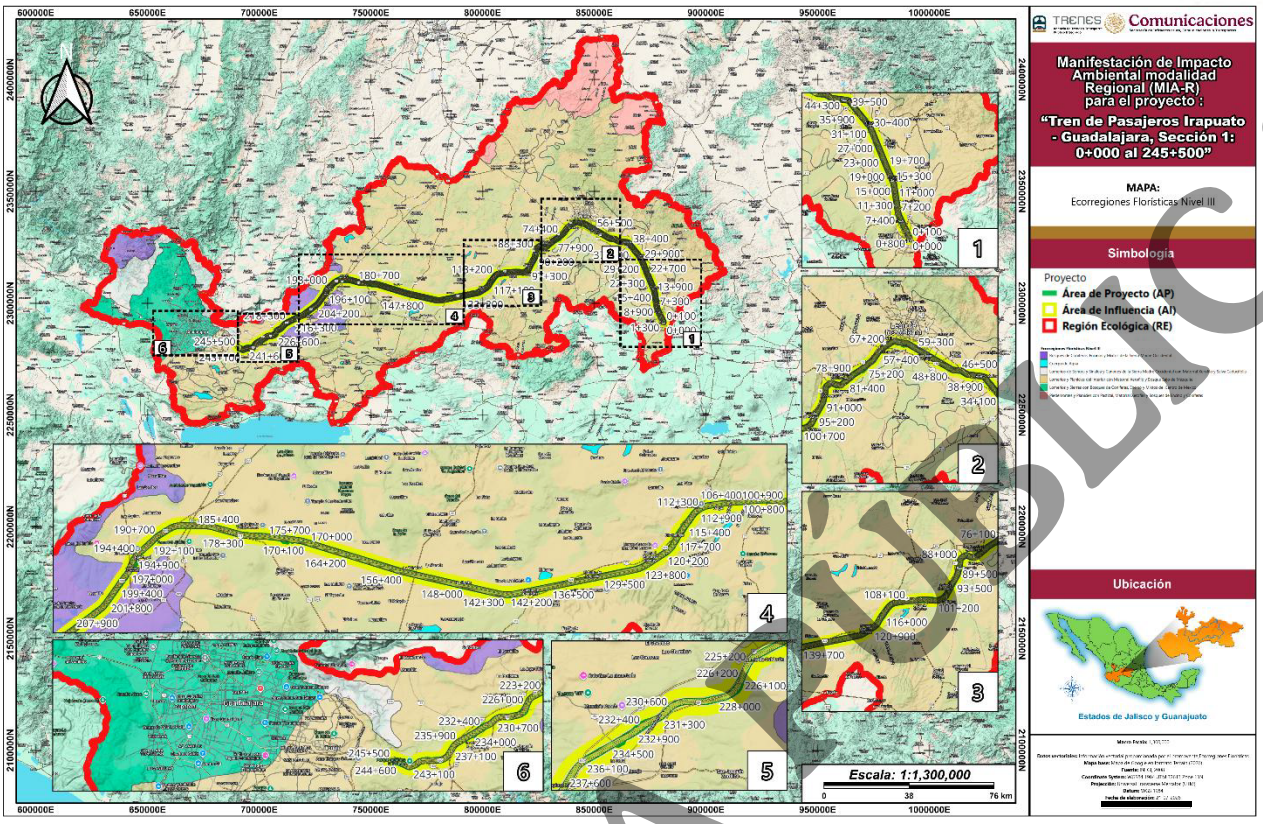


Figura III.116. Ecorregiones Florísticas Nivel III dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia.

Por último, para las Ecorregiones Florísticas Nivel IV, se registró la incidencia de 8 de ellas conforme con lo siguiente: el 66.78 % dentro de Lomeríos y Planicies del Altiplano con Matorral Xerófilo y Pastizal, después en un 12.96 % dentro de Planicies Interior de Mezquital, en un 5.65 % dentro de Piedemontes y Planicies con Pastizal, Matorral Xerófilo y Bosques de Encinos y Coníferas, en un 4.50 % en Sierra con Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos, en un 4.81 % en Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos, en 3.28 % dentro de Cañones con Selva Baja Caducifolia de la Sierra Madre Occidental, en un 1.74 % dentro de Planicies Interiores y Piedemontes con Pastizal, Matorral Xerófilo y Selvas Bajas de la Porción Occidental del Sistema Neovolcánico Transversal, y por último en 0.28 % dentro de Cuerpos de Agua.

En el caso del Área del Proyecto (AP), dentro del 79.30 % se incide dentro de Lomeríos y Planicies del Altiplano con Matorral Xerófilo y Pastizal, el 11.79 % dentro de Planicie Interior con Mezquital, en un 7.95 % dentro de Sierra con Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos, así como en un 0.96 % sin información del vector.

CONSULTA PÚBLICA



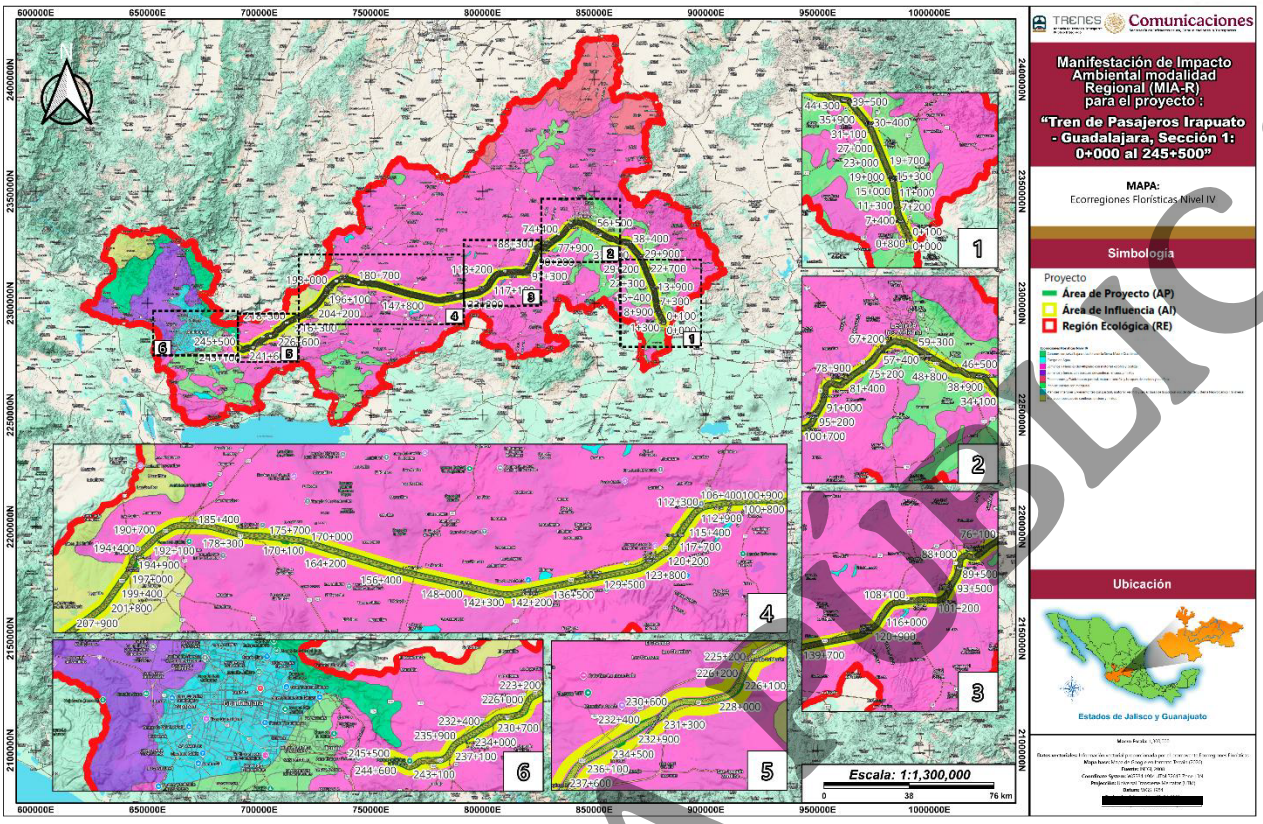


Figura III.117. Ecorregiones Florísticas Nivel IV dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte biodiversidad> g) Ecorregiones Florísticas.***

CONSULTA PÚBLICA



III.7.2. Flora y vegetación terrestre

a) Uso de suelo y vegetación

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

Vector de origen: Conjunto de datos Vectoriales de Usos del Suelo y Vegetación, Esc. 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.

- **Región Ecológica (RE)**

Conforme a este análisis, el **tipo de uso** con mayor superficie es el **Agrícola-Pecuario-Forestal con un 57.77 %,** seguido del Ecológico-Florístico-Fisonómico con un 34.71 %, y tipo de información complementaria con un 7.45 %, además de que el 0.1 % se encuentra desprovisto de vegetación. Para los **Usos y tipos de vegetación,** la Agricultura de temporal anual (TA) es la que ocupa la mayor superficie con 37.14%, seguido de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (PN) con un 8.00 %, y en tercer lugar de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC) con un 7.77 %.

Tabla III.112. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de información	Clave de vegetación	Uso de suelo y tipo de vegetación	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
Agrícola-Pecuario-Forestal	HA	Agricultura de humedad anual	43,169,385	0.22
	PC	Pastizal cultivado	673,713	0.01
	PI	Pastizal inducido	1,136,271,461	5.77
	RA	Agricultura de riego anual	1,309,243,895	6.67
	RAP	Agricultura de riego anual y permanente	1,368,833	0.01
	RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	998,955,744	5.09
	RP	Agricultura de riego permanente	5,349,565	0.03
	RS	Agricultura de riego semipermanente	48,661,384	0.25
	RSP	Agricultura de riego semipermanente y permanente	3,057,950	0.02
	TA	Agricultura de temporal anual	7,296,053,374	37.14
	TAP	Agricultura de temporal anual y permanente	11,344,282	0.06
	TAS	Agricultura de temporal anual y semipermanente	407,083,851	2.07
	TP	Agricultura de temporal permanente	80,274,538	0.41
	TS	Agricultura de temporal semipermanente	4,314,361	0.02
	BC	Bosque cultivado	413,826	0.01
Complementaria	AH	Asentamientos humanos	1,254,752,793	6.39
	H2O	Cuerpo de agua	208,206,165	1.05
Ecológico-Florístico-Fisonómico	BJ	Bosque de táscate	26,922,837	0.14
	BP	Bosque de pino	109,351,850	0.56
	BPQ	Bosque de pino-encino	51,016,552	0.26
	BQ	Bosque de encino	680,927,722	3.47
	BQP	Bosque de encino-pino	261,083,327	1.33
	MC	Matorral crasicaule	93,342,643	0.48

CONSULTA PÚBLICA





Tipo de información	Clave de vegetación	Uso de suelo y tipo de vegetación	Superficie de incidencia (m²)	Superficie de incidencia (%)
	MKX	Mezquital xerófilo	6,371,962	0.03
	PH	Pastizal halófilo	2,181,918	0.01
	PN	Pastizal natural	841,507,835	4.28
	SBC	Selva baja caducifolia	233,752,601	1.19
	VHH	Vegetación halófila hidrófila	1,096,729	0.01
	VSA/BJ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate	2,887,494	0.01
	VSa/BJ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	79,462,071	0.4
	VSa/BP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	68,389,893	0.35
	VSA/BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	1,506,178	0.01
	VSa/BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	4,278,311	0.02
	VSA/BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	66,790,765	0.34
	VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	856,148,590	4.36
	VSA/BQP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	1,244,194	0.01
	VSa/BQP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	105,214,215	0.54
	VSa/MC	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	42,611,898	0.22
	VSa/MKX	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	6,276,078	0.03
	VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1,570,395,611	8.00
	VSA/SBC	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	161,515,046	0.82
	VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	1,525,394,741	7.77
	VSh/BQ	Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino	12,834,831	0.07
Sin vegetación aparente	ADV	Desprovisto de vegetación	6,188,225	0.03
	DV	Sin vegetación aparente	14,299,868	0.07
Total			**19,642,189,104**	**100.00**

- **Área de Proyecto (AP)**

Conforme a este análisis, el **tipo de uso** con mayor superficie es el **Agrícola-Pecuario-Forestal con un 84 %,** seguido del Ecológico-Florístico-Fisonómico con un 8.4 %, y tipo de información complementaria con un 7.6 %. Para los **Usos y tipos de vegetación,** la Agricultura de Temporal Anual (TA) ocupó el 60.05 %, seguida de la Agricultura de Riego Anual y Semipermanente (RAS) con un 15.69, y en tercer lugar los Asentamientos Humanos (AH) ocupó un 6.89 %. Para los tipos de vegetación, la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) ocupó un 4.48 % y la Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (VSa/PN) con un 2.67 %.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.113. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro del Área del Proyecto (AP) de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.

Tipo de información	Clave de vegetación	Uso de suelo y tipo de vegetación	Superficie de incidencia (m^2)	Superficie de incidencia (%)
Agrícola-Pecuario-Forestal	HA	Agricultura de humedad anual	91,115	0.93
	PI	Pastizal inducido	59,456	0.60
	RA	Agricultura de riego anual	658,293	6.69
	RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	1,542,591	15.69
	TA	Agricultura de temporal anual	5,905,147	60.05
Complementaria	AH	Asentamientos humanos	677,450	6.89
	H2O	Cuerpo de agua	74,491	0.76
Ecológica-Florística-Fisonómica	MC	Matorral crasicaule	104,001	1.06
	SBC	Selva baja caducifolia	6,788	0.07
	VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	12,156	0.12
	VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	262,370	2.67
	VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	440,613	4.48

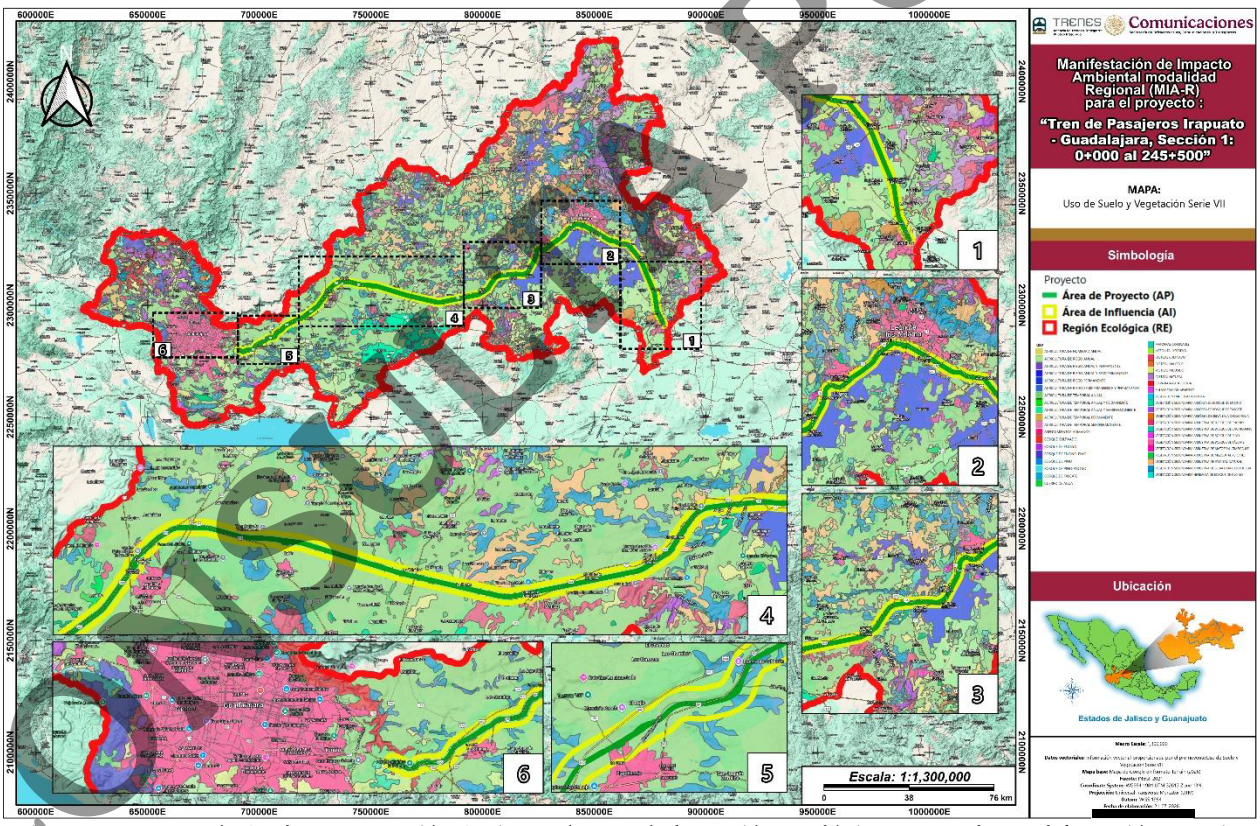


Figura III.118. Uso de Suelo y Vegetación Serie VII dentro de la Región Ecológica (RE) y el AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



Figura III.119. Fotografías (1) a nivel paisaje dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

COPIA



CONSULTA PÚBLICA

Figura III.120. Fotografías (2) a nivel paisaje dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.



Figura III.121. Fotografías (3) a nivel paisaje dentro de Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

COPIA CONTROLADA



Figura III.122. Fotografías (4) a nivel paisaje dentro de Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

COPIA CONTROLADA



Figura III.123. Fotografías a nivel paisaje dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

A



A continuación, se presenta una breve descripción de estos usos de suelo y tipos de vegetación conforme a la Guía de Interpretación

- **Agricultura de Humedad Anual (HA)**

Este tipo de agricultura se desarrolla en zonas donde se aprovecha la humedad del suelo, independientemente del ciclo de las lluvias y que aún en época seca conservan humedad, por ejemplo, las zonas inundables, como pueden ser los lechos de los embalses cuando dejan de tener agua.

- **Pastizal Cultivado (PC)**

Sistema en el cual se han introducido, intencionalmente en una región y para su establecimiento, pastos nativos de diferentes partes del mundo como: *Digitaria decumbens* (Zacate Pangola), *Pennisetum ciliaris* (Zacate Buffel), *Panicum maximum* (Zacate Guinea o Privilegio), *Panicum purpurascens* (Zacate Pará), INEGI. Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación 26 entre otras muchas especies, bajo un programa de productividad y conservación se realizan algunas labores de cultivo y manejo, clasificados como Pastizales Cultivados. Estos pastizales son los que generalmente forman los llamados potreros en zonas tropicales, por lo general con buenos coeficientes de agostadero.

- **Pastizal Inducido (PI)**

Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral.

A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos, o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal.

De esta manera se tiene la categoría de pastizales inducidos que prosperan una vez destruidos los bosques de pino y de encino, característicos de las zonas montañosas de México. En altitudes superiores a 2 800 m las comunidades secundarias frecuentemente son similares a la pradera de alta montaña, formadas por gramíneas altas que crecen en extensos macollos.

Los géneros *Festuca, Muhlenbergia, Stipa* y *Calamagrostis* son los más típicos de estos pastizales que, además de su interés ganadero, son aprovechados también a través de la

CONSULTA PÚBLICA





extracción de la raíz de zacatón, materia prima para la elaboración de escobas que proporcionan las partes subterráneas de *Muhlenbergia macroura*.

Por debajo de los 3 000 m de altitud, los pastizales inducidos derivados de los bosques de encino y pino, son mucho más variados y en general no presentan la fisonomía de macollos muy amplios. Muchas veces son análogos en su aspecto a los pastizales clímax de las regiones semiáridas, pudiendo variar de bajos a bastante altos, a menudo en función del clima.

Entre los géneros a los que pertenecen las gramíneas dominantes pueden citarse: *Andropogon, Aristida, Bouteloua, Bromus, Deschampsia, Hilaria, Muhlenbergia, Stipa, Trachypogon* y *Trisetum*. Menos frecuentes o quizá menos fáciles de identificar son los pastizales originados a expensas de matorrales xerófilos y aún de otros pastizales. Del Valle de México se describen comunidades de este tipo, que en general son bajas y muchas veces abiertas, incluyen un gran número de gramíneas anuales. Los géneros *Buchloë, Erioneuron, Aristida, Lycurus y Bouteloua* contienen con frecuencia las especies dominantes.

Otro grupo de pastizales inducidos que destacan mucho, son los que se observan en medio de la Selva Baja Caducifolia, sobre todo en la vertiente pacífica, donde aparentemente prosperan como consecuencia de un disturbio muy acentuado. Casi siempre se ven en las cercanías de los poblados y se encuentran tan intensamente pastoreados que durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbáceo no pasa de una altura media de 5 cm. Son sometidos a fuegos frecuentes y la acción del pisoteo parece ser uno de los principales factores de su existencia. El largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses. Las especies dominantes más comunes pertenecen aquí a los géneros: *Bouteloua, Hilaria, Trachypogon y Aristida*. También son abundantes algunas leguminosas. Otra comunidad de origen análogo es la que prospera principalmente del lado del Golfo de México en zonas húmedas, en el que la vegetación clímax, corresponde al Bosque Mesófilo de Montaña, casi siempre sobre laderas muy empinadas de las sierras.

A diferencia del pastizal anterior, este permanece verde durante todo el año, pero de igual manera se mantiene bastante bajo. En general cubre densamente el suelo, pero por lo común da la impresión de estar sobrepastoreado. Las gramíneas más comunes pertenecen aquí a los géneros *Axonopus, Digitaria* y *Paspalum*. Algunas otras especies de gramíneas que llegan a formar comunidades de pastizal inducido, son: Aristida adscensionis (Zacate tres barbas), Dasyochloa pulchella (Zacate borreguero), *Bouteloua simplex, Paspalum notatum* (Zacate burro), *Cenchrus* spp. (Zacate cadillo o Roseta), *Muhlenbergia phleoides, Enneapogon desvauxii* y otros. No es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles.

- **Agricultura de Riego Anual (RA), Agricultura de Riego Anual y Permanente (RAP), Agricultura de Riego Anual y Semipermanente (RAS), Agricultura de Riego Permanente (RS), Agricultura de Riego Semipermanente y Permanente (RSP)**

Estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada (distribución del agua a través de surcos o bien tubería a parir de un canal principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente

CONSULTA PÚBLICA





de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural. Ejemplos de estos tipos de agrosistemas se presentan en buena parte del territorio nacional.

- **Agricultura de Temporal Anual (TA), Agricultura de Temporal Anual y Permanente (TAP), Agricultura de Temporal Anual y Semipermanente (TAS), Agricultura de Temporal Permanente (TP), Agricultura de Temporal Semipermanente (TS)**

Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Estas zonas, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80% del ciclo agrícola. Pueden ser áreas de monocultivo o de policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia. En casos muy particulares, como es el cultivo del cafeto, cacao y vainilla, que se desarrollan a la sombra de árboles naturales y/o cultivados, su delimitación cartográfica es muy difícil por medio de sensores remotos de baja resolución por lo que su caracterización se realiza con el apoyo de la observación de campo.

También es común encontrar zonas abandonadas con los cultivos mencionados y en donde las especies naturales han restablecido su sucesión natural al desaparecer la influencia del hombre; en estas condiciones las áreas se clasifican como vegetación natural de acuerdo a su fase sucesional o como vegetación primaria si predominan componentes arbóreos originales. Un ejemplo lo tenemos en condiciones de Selva Alta-Mediana Perennifolia y Subperennifolia o en Bosques Mesófilos de Montaña.

- **Bosque Cultivado (BC)**

Es aquel que se establece mediante la plantación y manejo de diferentes especies arboladas con un fin productivo, sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se clasifican como Bosques Cultivados y pueden considerarse también como bosques artificiales, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros, por lo general, especies exóticas. Según la adaptabilidad, estas son algunas de las especies que más se cultivan: pino (*Pinus* spp.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), cedro (*Cupressus* spp.), entre otros.

- **Bosque de Táscate (BJ)**

Comunidad vegetal distribuida desde Baja California hasta Chiapas, concentrándose en el Eje Neovolcánico, en los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, y en menor proporción en partes de la Península de Baja California, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y

CONSULTA PÚBLICA





Sierra Madre del Sur. Los climas en que se desarrolla varían, desde el frío de las altas montañas hasta el templado subhúmedo y el semiseco de las zonas áridas.

Se encuentra en altitudes entre los 1 000 y 2 600 m, con una temperatura media anual que va de los 12 a 22°C y una precipitación que fluctúa de los 200 a los 1 200mm. Se establecen en rocas ígneas de tobas y basaltos, sedimentarias como las calizas y lutitas y en menor proporción en metamórficas como los gneis y esquistos, entre otros, principalmente en leptosoles, regosoles luvisoles, vertisoles y en menor medida en chernozem, phaeozem, entre otros. El bosque está conformado por árboles con hojas en forma de escama (escuamifolios) del género *Juniperus* conocido como táscate, enebro o cedro. Tienen una altura promedio de 8 a 15m, y están siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas. Las especies más comunes y de mayor distribución en estos bosques son *Juniperus flaccida, J. deppeana, J. monosperma* y algunas especies del género *Quercus* y *Pinus.*

- **Bosque de Pino (BP)**

Comunidades vegetales que se localizan en las cadenas montañosas de todo el país, desde Baja California hasta Chiapas, y una pequeña población en Quintana Roo. Las áreas de mayor importancia se localizan en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. Los climas en donde se desarrollan son templado y semicálido subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura media anual que varía de 6 a 28°C y una precipitación anual que oscila entre 350 a 1 200mm. Se encuentra de los 150m de altitud hasta los 4 200m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea, en pendientes que van de 10 a 75%, en diferentes exposiciones, aunque prefieren las que están orientadas hacia el norte.

Este bosque se establece sobre rocas ígneas, gneis y esquistos, y con menos frecuencia en lutitas, areniscas y calizas, en cambisoles, leptsoles, luvisoles, phaeozems, regosoles, umbrisoles, y otros tipos de suelo. Dominan especies de pino con alturas promedio de 15 a 30m, su estrato inferior es relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes herbáceas, esta condición se relaciona con los frecuentes incendios y la tala inmoderada. Los árboles de pino poseen hojas perennifolias, con una época de floración y fructificación heterogénea, debido a las diferentes condiciones climáticas en las que se presenta. Las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P.ayacahuite*), pino (P. pringlei), *P. durangensis, P. leiophylla var. chihuahuana, P. engelmannii, P. lawsonii, P. pseudostrobus var. apulcensis.*

- **Bosque de Pino-Encino (BPQ)**

Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 28°C y una precipitación que va de los 600 a los 2 500mm anuales. Se concentran entre los 1 200 y los 3

CONSULTA PÚBLICA





200m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros.

Alcanzan alturas de 8 a 35m. Las comunidades están conformadas por diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), pero con dominancia de las primeras. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año.

Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis*, P. leiophylla var. chihuahuana, P. engelmannii, P. lawsonii, P. pseudostrobus var. apulcensis, encino laurelillo (Quercus laurina), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, y *Q. scytophylla*, entre otras muchas especies de encinos.

- **Bosque de Encino (BQ)**

Comunidades vegetales distribuidas en casi todo el país, especialmente en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Norte de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo Sur, con excepción de la Península de Yucatán. En climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2 000 mm.

Se desarrolla en muy diversas condiciones ecológicas desde el nivel del mar hasta los 3000m de altitud. Se encuentran principalmente en exposición norte y oeste. Este bosque se ha observado en diferentes clases de roca ígneas, sedimentarias y metamórficas, en suelos profundos o someros como regosoles, leptosoles, cambisoles, andosoles, luvisoles, entre otros.

El tamaño de los árboles varía de los 4 hasta los 30m de altura y los hay desde bosques abiertos a muy densos. Estas comunidades están formadas por diferentes especies de encinos o robles del género Quercus (más de 200 especies en México). Este bosque se encuentra generalmente como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas. Por lo común este tipo de comunidad se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos.

Las especies más comunes de estas comunidades son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbanii*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides, Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

CONSULTA PÚBLICA





- **Bosque de Encino-Pino (BQP)**

Comunidad que se distribuye principalmente en los sistemas montañosos del país, concentrándose la mayor parte en: Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur y en menor proporción Sierra Madre Oriental, Cordillera Centroamericana, Sierras de Chiapas y Guatemala, Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa del Centro y Península de Baja California.

Se desarrolla en climas templados, semifríos, semicálidos, cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura que oscila entre los 10 y 28°C y una precipitación total anual que varía desde los 600 a 2 500mm, en cuanto a la altitud oscila desde los 300 y 2 800m. La exposición puede presentarse desde plana hasta aquellas que están orientadas hacia el norte, sur, este y oeste. El sustrato donde se desarrolla esta comunidad es de origen ígneo como tobas y riolitas y sedimentarias como las calizas principalmente, se establecen en suelos como leptosoles, luvisoles, regosoles, phaeozem y en menor proporción los durisoles y umbrisoles. Estas comunidades están conformadas por encinos (*Quercus* spp.), y en proporción algo menor de pinos (*Pinus* spp.). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino.

Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino con una altura de 8 a 35m. Son árboles perennifolios y caducifolios, la floración y fructificación es variable durante todo el año. Las especies más representativas en estas comunidades son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino nopis (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (Q. urbanii), charrasquillo (Q. microphylla), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides, Q. scytophylla*, pino chino (*Pinus leiophylla*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. devoniana* (*P. michoacana*)), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis, P. chihuahuana, P. engelmanni, P. lawsonii,* y *P. oaxacana*

- **Matorral Crasicaule (MC)**

Se localiza principalmente en las zonas semiáridas del centro y norte del país, su distribución marcaría los límites tropical y templado al interior del desierto Chihuahuense para las especies de portes más altos. Estas comunidades se desarrollan preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual y con temperaturas mínimas de 10-12°C. En algunas partes de San Luis Potosí y de Guanajuato se le asocia *Myrtillocactus geometrizans* y a veces también *Stenocereus* spp. Por otro lado, *Yucca decipiens* puede formar un estrato de eminencias, mientras que a niveles inferiores conviven muchos arbustos micrófilos, como, por ejemplo, especies de *Mimosa* spp., *Acacia* spp., *Dalea* spp., *Prosopis* spp., *Rhus* spp., *Larrea* sp., *Brickellia* sp., *Eupatorium* sp., *Buddleja* sp., *Celtis* sp., etcétera.

CONSULTA PÚBLICA





El Matorral Crasicaule que se establece en la parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí se presenta como cubierta vegetal de plantas del género Opuntia, siendo las principales especies dominantes de estas "nopaleras" *Opuntia streptacantha* (Nopal Cardón) y *Opuntia leucotricha*. Algunas especies comunes son: *O. hyptiacantha, O. robusta, O. leucotricha, O. cantabrigiensis, O. tomentosa, O. violacea, O. imbricata* (Cardenche), *O. cholla* (Cholla), y otras diversas asociaciones que dependiendo del gradiente latitudinal y de tipos de suelos puede tener una diferente fisonomía. La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4m, excepcionalmente más, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la presencia de numerosas plantas herbáceas y otras cilindropuntias.

- **Mezquital Xerófilo (MKX)**

Se presenta en el norte del país, en forma discontinua en los estados de Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí y otros de la región, los tipos de climas predominantes son BW muy seco, BS secos la temperatura máxima es de 45.8°C y la temperatura mínima de -3°C, la precipitación media anual de 100 hasta 700mm. Este tipo de comunidad se desarrolla desde los 100 hasta los 2300m de altitud. Se presenta principalmente en llanuras, y en menor proporción sobre sierras y lomeríos. Los principales elementos son de porte arbustivo asociados con otros tipos de matorrales xerófilos como el matorral desértico micrófilo. Las especies presentes son: *Prosopis juliflora, Acacia* spp, *Opuntia* sp, *Jatropha* sp. *Bouteloua* spp.

- **Pastizal Halófilo (PH)**

Comunidad de gramíneas y graminoides que se desarrolla sobre suelos salino-sódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; y en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras.

Su distribución comprende todo el Altiplano, desde Chihuahua y Coahuila, hasta Jalisco, Michoacán, Valle de México, Puebla y Tlaxcala, así como de algunas porciones de planicies costeras de la parte norte del país. Cuando los cloruros y los sulfatos son las sales predominantes, el pH del suelo donde se desarrollan estos pastizales se mantiene generalmente entre 7 y 8.5, en cambio, de ser los carbonatos los más abundantes, la reacción es fuertemente alcalina. Por lo general la precipitación media anual oscila de los 200 mm a los 600 mm en promedio. Estos suelos, por lo común, son de textura arcillosa y de drenaje deficiente y muchas veces están sujetos a inundaciones más o menos prolongadas.

La humedad del suelo, así como el contenido de sales y su alcalinidad pueden tener una variación acentuada a lo largo del año y muchas veces también de un año a otro. Entre las formas biológicas de las comunidades halófitas predominan las gramíneas rizomatosas y las plantas herbáceas suculentas. Los pastizales halófilos del Altiplano varían por lo común, de bajos a medianos (hasta 80 cm de alto) y, en general, son densos. Con el objetivo de estimular la aparición de retoños tiernos estos pastizales son quemados periódicamente. En Chihuahua

CONSULTA PÚBLICA





y Coahuila, principalmente, ocupa grandes extensiones el pastizal de *Pleuraphis mutica* (Toboso), de 40 a 70cm de altura.

De los pastizales halófilos costeros más sobresalientes cabe mencionar los de *Distichlis spicata*, de *Sporobolus virginicus* y de *Monanthochloë littoralis*, que forman una carpeta baja, y los de *Spartina* y de *Uniola*, que miden cerca de 1m de alto. En general, las gramíneas dominantes son más bien rígidas y solo sus partes tiernas constituyen un forraje atractivo para el ganado. Desde luego que las gramíneas no son las únicas plantas que pueden crecer en tales condiciones, pero con frecuencia son las dominantes y las que definen la fisonomía de las comunidades vegetales que ahí habitan.

- **Pastizal Natural (PN)**

Es una comunidad dominada por especies de gramíneas y graminoides, en ocasiones acompañadas por hierbas y arbustos de diferentes familias, como son: compuestas, leguminosas, etcétera. Su principal área de distribución se localiza en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y los diversos tipos de bosques. La extensa zona de pastizales naturales de América del Norte penetra en el territorio mexicano en forma de una angosta cuña que corre a lo largo de la base de la Sierra Madre Occidental desde Sonora y Chihuahua hasta el noreste de Jalisco y zonas vecinas de Guanajuato.

Esta franja continua consiste en comunidades vegetales dominadas por gramíneas que constituyen clímax climático y representa en México la zona más importante de pastizales naturales. Como la mayoría de los pastizales del mundo, esta franja ocupa una porción de transición entre los bosques por un lado y los matorrales xerófilos por el otro. El Pastizal Natural se desarrolla de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas, casi siempre de naturaleza ígnea, en altitudes entre 1 100 y 2 500m, aunque en Sonora pueden descender hasta los 450m. Las temperaturas medias anuales varían en la mayor parte de su extensión de 12 a 20°C. Las fluctuaciones estacionales y diurnas son relativamente pronunciadas, todos los años se presentan heladas y en las partes altas de Chihuahua y Sonora ocurren nevadas con cierta frecuencia, registrándose temperaturas mínimas extremas de - 20 hasta 45°C como máximas en los meses más calurosos. La precipitación media anual es del orden de 300 a los 600mm, con 6 a 9 meses secos y la humedad atmosférica se mantiene baja durante la mayor parte del año. Este tipo de clima corresponde, sobre todo, a la categoría BS de la clasificación de Koeppen, aunque las más secas pertenecen, al parecer, a la categoría BW.

Los suelos propios de estos pastizales son en general neutros (pH 6 a 8), con textura que varía de migajón arcilloso a migajón arenoso y coloración rojiza a café, frecuentemente con un horizonte de concentración calimosa o ferruginosa más o menos continúa. Por lo común son suelos fértiles y medianamente ricos en materia orgánica, aunque se erosionan con facilidad cuando se encuentran en declive y carecen de suficiente protección por parte de la vegetación.

Los pastizales en cuestión son generalmente de altura media, de 20 a 70cm, aunque a causa del intenso pastoreo se mantienen casi siempre más abajo. La coloración amarillenta pálida es característica durante la mayor parte del año y la comunidad sólo reverdece en la

CONSULTA PÚBLICA



época más húmeda. La cobertura varía notoriamente de un lugar a otro y tiene que ver con la utilización del pastizal, pero rara vez supera el 80% y frecuentemente es menor de 50%.

Su estructura es sencilla, pues además de un estrato rasante, formado principalmente por plantas rastreras, incluyendo a veces algas, hay un solo estrato herbáceo, en el cual suelen dominar ampliamente las gramíneas, aunque en la época favorable pueden aparecer numerosas especies de otras familias. Las plantas leñosas a menudo están completamente ausentes, cuando existen, solo juegan un papel secundario por el disturbio, y a veces forman uno a dos estratos.

Las trepadoras son escasas y las epífitas de tipo xerófilo solo se presentan en ocasiones sobre las ramas de arbustos y árboles aislados. Son frecuentemente dominantes o codominantes en las asociaciones las especies del género *Bouteloua* y la más común de todas es *Bouteloua gracilis*, que prevalece en amplias extensiones del pastizal, sobre todo en sitios en que el sobrepastoreo no ha perturbado demasiado las condiciones originales y preferentemente en suelos algo profundos. En laderas pendientes, con suelo somero y pedregoso, a menudo son más abundantes *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua hirsuta*. Son menos frecuentes en general, *Bouteloua barbata* var. *rothrockii, Bouteloua radicosa, Bouteloua repens, Bouteloua eriopoda* y *Bouteloua chondrosioides*, pero en algunas zonas pueden también funcionar como dominantes o codominantes: *Bouteloua eriopoda* y *Bouteloua scorpioides*; aparentemente resultan favorecidas por un pastoreo intenso, desplazando en ciertas áreas a *Bouteloua gracilis*.

- **Selva Baja Caducifolia (SBC)**

Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1 500mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1 900m, rara vez hasta 2 000m de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje, en la vertiente del golfo no se le ha observado arriba de 800m la cual se relaciona con las bajas temperaturas que ahí se tienen si se le compara con lugares de igual altitud de la vertiente del pacifico.

Los componentes arbóreos de esta selva presentan baja altura, normalmente de 4 a 10m (eventualmente hasta 15m). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave, Opuntia, Stenocereus* y *Cephalocereus*.

En este tipo de selva son comunes: *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera* sp. (cuajiote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma* sp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia mexicana* (bonete); *Ceiba* sp. (yaaxche, pochote); *Bromelia penguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea* sp. (cazahuate); *Pseudobombax* sp. (amapola, clavellina); *Cordia* sp. (ciricote, cuéramo); *Havardia acatlensis* (barbas de chivo); *Amphipterygium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina* sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum, Ocotea*

CONSULTA PÚBLICA



tampicensis, Acacia coulteri, Beaucarnea inermis, Lysiloma acapulcense, Zuelania guidonia, Pseudophoenix sargentii (kuká), *Beaucarnea pliabilis, Guaiacum sancturm, Plumeria obtusa, Caesalpinia vesicaria, Ceiba aesculifolia, Diospyros cuneata, Hampea trilobata, Maclura tinctoria, Metopium brownei, Parmenteria aculeata, Piscidia piscipula, Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), *Heliocarpus terebinthinaceus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Haematoxylum campechianum, Ceiba acuminata* (mosmot o lanita), *Cochlospermum vitifolium, Pistacia mexicana* (achín), *Bursera bipinnata* (copalillo), *Sideroxylon celastrinum* (rompezapote), *Gyrocarpus jatrophifolius* (tincui, San Felipe), *Swietenia humilis* (caoba), *Bucida machrostachya* (cacho de toro), *Euphorbia pseudofulva* (cojambomó de montaña), *Lonchocarpus longipedicellatus, Hauya microcerata* (yoá), *Colubrina arborescens* (cascarillo) *Lonchocarpus minimiflorus* (ashicana), *Ficus aurea* (higo), *Gymnopodium floribundum* (aguana), *Leucanea collinsii* (guaje), *Leucanea esculenta* (guaje blanco), *Lysiloma microphyllum, Jatropha cinerea, Cyrtocarpa edulis, Bursera laxiflora, Lysiloma candidum, Cercidium peninsulare, Leucaena lanceolata, Senna atomaria, Prosopis palmeri, Esenbeckia flava, Sebastiania bilocularis, Bursera microphylla, Plumeria rubra, Bursera odorata, Bursera excelsa var. Favonialis* (copal), *Bursera fagaroides* var. elongata y *Bursera fagaroides* var. *purpusii, Comocladia engleriana, Cyrtorcarpa procera, Lonchocarpus eriocarinalis, Pseudosmodingium perniciosum, Spondias purpurea, Trichilia americana, Bursera longipes, B. morelensis, B. fagaroides, B. lancifolia, B. copallifera, B. vejarvazquesii, B. submoniliformis, B. bipinnata, B. bicolor, Ceiba aesculifolia subsp. parvifolia, Ipomoea murucoides, Merremia aegyptia, I. wolcottiana, I. arborescens, Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Thevetia ovata, Indigofera platycarpa, Calliandra grandiflora, Celtis iguanaea, Diphysa floribunda, Bonelllia macrocarpa, Malpighia mexicana Pseudobombax ellipticum, Crateva palmeri. C. tapia, Guazuma ulmifolia, Cordia dentata, Parkinsonia florida, Acacia farnesiana, Prosopis laevigata, Licania arborea, Prosopis juliflora, Pithecellobium dulce, Zygia conzattii, Achatocarpus nigricans* (limoncillo), *Coccoloba caracasana* (papaturro), *C. floribundia* (carnero), *Randia armata* (crucecita), *Rauvolfia tetraphylla* (coralillo), *Trichilia hirta, T. trifolia* (mapahuite); además, de cactáceas como *Pereskia lychnidiflora*, *Pachycereus* sp. (cardón); *Stenocereus* sp., *Cephalocereus* spp, *Pilosocereus gaumeri, Stenocereus griseus, Acanthocereus tetragonus, Pachycereus pecten-aboriginum y Pterocereus gaumeri.* Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia* sp., cactáceas y algunas orquídeas.

Es una de las selvas de mayor distribución en México, cubre grandes extensiones desde el sur de Sonora y el suroeste de Chihuahua hasta Chiapas en la vertiente del Pacifico. Hasta la altura del estado de Sinaloa esta comunidad se restringe a la vertiente occidental de la Sierra Madre Occidental sin penetrar a la planicie costera. Más al sur se extiende desde el litoral hasta las serranías próximas con penetraciones a lo largo de algunos ríos como el Balsas y sus afluentes (Michoacán, Guerrero, Morelos y Puebla). En el istmo de Tehuantepec la selva traspasa el parteaguas y ocupa una gran parte de la depresión central de Chiapas. La península de Baja California en su parte sur presenta un área aislada que se localiza en las partes inferiores y medias de las sierras de La Laguna. En la vertiente del golfo esta selva se localiza en tres áreas Sur del estado de Tamaulipas, sureste del estado de San Luis Potosí y extremo norte de Veracruz y noreste de Querétaro. En el centro de Veracruz en un área situada entre Nautla, Alvarado, Jalapa y Tierra Blanca, pero sin abarcar estas localidades, pero si las inmediaciones de puerto de Veracruz. En la parte norte de la península de Yucatán ocupando la mayor parte del estado de Yucatán y una parte de estado de Campeche.

CONSULTA PÚBLICA





- **Vegetación Halófila Hidrófila (VHH)**

La constituyen comunidades dominadas por especies herbáceas o raramente arbustivas, que se distribuyen en ambientes en litorales (lagunas costeras, marismas salinas y playas) que reciben aportación de agua salina; en sitios de muy baja altitud, con climas cálidos húmedos o subhúmedos, sobre suelos generalmente arenosos con altas concentraciones de sales y que en algún periodo están sujetos a grandes aportaciones de humedad.

Generalmente la vegetación halófila-hidrófila está constituida por un solo estrato herbáceo de plantas perennes suculentas, pero puede estar constituida por elementos arbustivos como los del género *Atriplex*. Especies comunes de este tipo de vegetación son: *Batis maritima* (vidrillo), *Frankenia* spp. (Hierba reuma), *Atriplex* spp. (chamizo), y diversos pastos marinos como *Zostera marina* y *Spartina foliosa*.

b) *Metodología de trabajo*

Fecha de los muestreos: entre el 21 de julio al 20 de agosto (esta información se complementa con la información potencial de flora silvestre dentro de la Región Ecológica).

- **Unidades de muestreo**

Dimensiones: Fijas. **Forma:** Transectos rectangulares. **Tamaño:** 500 m² (50 m de largo por 10 m de ancho) (Alanis *et al.* ,2020) para el cálculo de variables dasométricas arbóreas y se recomienda esta superficie y forma de sitio a razón de que permite un mayor registro de individuos en unidades discretas para su extrapolación a una unidad comparable o "hectárea tipo".

Descripción:

Se consideraron cinco estratos, las cuales se muestrearon en los diferentes tamaños de transectos, en cada sitio de muestreo se llevó a cabo dentro de un sitio circulares (al cual denominaremos muestreos) de **500 m²** para el estrato de **árboles, cactáceas y/o rosetófilas, y epífitas y/o trepadoras**, de **100 m²** para **arbustos** y, finalmente el transecto de **4 m²** para **herbáceas.**

CONSULTA PÚBLICA





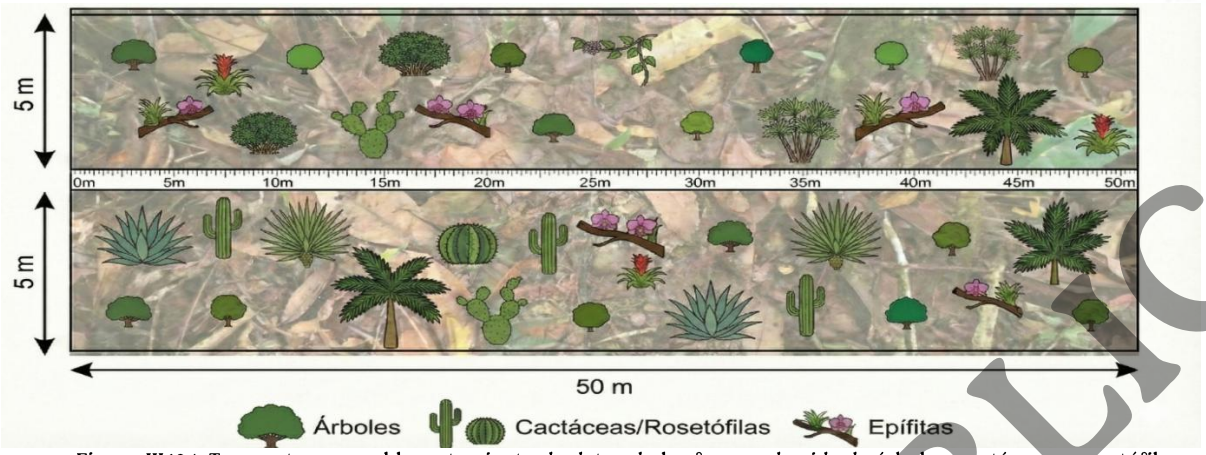


Figura III.124. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de árboles, cactáceas o rosetófilas, y enredaderas o epífitas. Elaboración propia.



Figura III.125. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de arbustos. Elaboración propia.

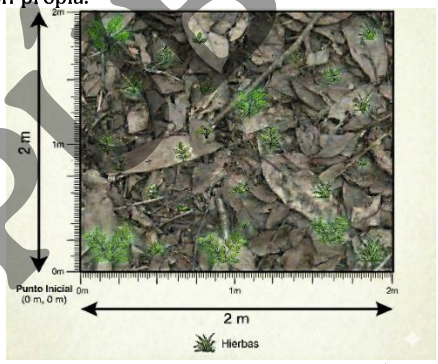


Figura III.126. Transectos para el levantamiento de datos de las formas hierbas. Elaboración propia.

La toma de información de las comunidades vegetales que componen la RE del Proyecto se realizó utilizando el diseño de muestreo dirigido. Los sitios de muestreo se ubicaron de manera seleccionada y de manera que fueran representativos del tipo de vegetación dentro de la superficie del AP. Para cada sitio de muestreo, la vegetación fue dividida en cinco estratos, de acuerdo con sus dimensiones y hábitos de crecimiento de sus componentes, para agilizar el muestreo y posteriormente procesar los datos, con el objetivo de poder analizarlas por grupo. Las características de cada uno de estos grupos o formas de vida son las siguientes:



Arbórea: Se consideraron todos aquellos individuos que presentaron lignificación, son plantas leñosas con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo con varios tallos, que tengan una copa más o menos definida (DOF, 11/04/2022). Además de esto, se consideraron a los individuos de árboles que por su etapa de desarrollo no pueden ser consideradas como maderables y que tienen porte de renuevo.



Cactáceas y/o rosetófilas: Se considera aquellos individuos que presentan tallos suculentos, generalmente verdes, una tendencia a no presentar hojas, y tallos armados con espinas de diversas formas, tamaños y colores, así como plantas con hojas

CONSULTA PÚBLICA



dispuestas en roseta. En este grupo se incluyen especies de la familia Cactaceae y Asparagaceae (Anderson, 2001; Nobel, 2002).



Arbustiva: Plantas leñosas perennes con una altura que sobrepasa generalmente los 0.5 metros, pero no alcanza los 5 metros a su madurez y sin un sólo vástago principal, ni una copa definida (DOF, 11/04/2022). Aquí también se consideran los individuos de especies que en su mayor estado de desarrollo son arbustivas pero que en el momento del levantamiento tienen porte bajo.



Epífitas y/o trepadoras: Se refiere a especies que germinan en suelo o sitios con sustrato (oquedades de árboles) que, al momento de desarrollarse, requieren un soporte orgánico o inorgánico para extenderse dentro del ecosistemas (Rzedowski & Rzedowski, 2005). Dichas especies pertenecen a las familias Convolvulaceae, Polygonaceae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Celastraceae, Vitaceae, entre otras. Para las epífitas, se refiere a especies que germinan sobre algún soporte, generalmente orgánico, como árboles, palmiformes y arbustos, y allí completan su ciclo de vida. Entre ellas encontramos a especies de la familia Orchidaceae, Bromeliaceae, Piperaceae, entre otras.



Herbáceas: Se consideraron aquellos individuos que no presentaron lignificación (Rzedowski, 2006). Dentro de esta forma de vida se considerarán sólo las que por su descripción taxonómica son herbáceas.

Ubicación y cantidad de los sitios de muestreo:

Para la caracterización de la vegetación dentro de la Región Ecológica (RE) se establecieron 24 transectos, mientras que para el Área del Proyecto (AP) se establecieron sólo se establecieron 22 transectos conforme a lo siguiente:

Tabla III.114. Síntesis de los sitios de muestreo establecidos. Elaboración propia.

Zona	TOTAL
Región Ecológica (RE)	24
Área del Proyecto (AP)	22

Tabla III.115. Coordenadas de los sitios de muestreo de la RE y AP en formato WGS84-UTM 32613. Elaboración propia.

Región Ecológica (RE)				Área de Proyecto (AP)			
Sitio	Vértice	Este X	Norte Y	Sitio	Vértice	Este X	Norte Y
1	1	707009.1509	2285872.7989	1	1	706919.3486	2285949.73
	2	706977.2489	2285834.2987		2	706889.2863	2285909.777
	3	706969.5489	2285840.6791		3	706881.2957	2285915.789
	4	707001.4509	2285879.1793		4	706911.3579	2285955.743
2	1	706908.2818	2286010.5935	2	1	706945.2794	2285929.71
	2	706876.3798	2285972.0933		2	706915.2171	2285889.757
	3	706868.6798	2285978.4737		3	706907.2265	2285895.769
	4	706900.5818	2286016.9739		4	706937.2887	2285935.723
3	1	706938.0019	2285843.2201	3	1	706833.9736	2285862.955
	2	706906.0999	2285804.7199		2	706803.9114	2285823.002
	3	706898.3999	2285811.1003		3	706795.9207	2285829.014
	4	706930.3019	2285849.6005		4	706825.983	2285868.968
4	1	706840.6570	2285954.5182	4	1	706956.0232	2286000.691
	2	706808.7550	2285916.0180		2	706925.9609	2285960.738
	3	706801.0550	2285922.3984		3	706917.9703	2285966.75
	4	706832.9569	2285960.8986		4	706948.0325	2286006.703

CONSULTA PÚBLICA



Región Ecológica (RE)				Área de Proyecto (AP)			
Sitio	Vértice	Este X	Norte Y	Sitio	Vértice	Este X	Norte Y
5	1	706841.3016	2286000.2868	5	1	706906.1719	2285890.674
	2	706809.3996	2285961.7866		2	706876.1097	2285850.721
	3	706801.6996	2285968.1670		3	706868.1191	2285856.733
	4	706833.6016	2286006.6672		4	706898.1813	2285896.687
6	1	697940.4778	2281466.6675	6	1	719870.3919	2294836.373
	2	697921.9356	2281420.2327		2	719864.2657	2294844.276
	3	697912.6487	2281423.9412		3	719903.7845	2294874.908
	4	697931.1908	2281470.3759		4	719909.9108	2294867.004
7	1	697942.6698	2281636.7464	7	1	697944.5276	2281120.209
	2	697946.0554	2281627.3370		2	697919.4729	2281076.939
	3	697899.0082	2281610.4089		3	697910.819	2281081.95
	4	697895.6226	2281619.8183		4	697935.8736	2281125.219
8	1	698094.8360	2281643.2133	8	1	731801.5532	2307524.155
	2	698091.1608	2281633.9131		2	731762.777	2307492.589
	3	698044.6600	2281652.2891		3	731756.4638	2307500.344
	4	698048.3352	2281661.5892		4	731795.2401	2307531.91
9	1	693370.5210	2279372.7364	9	1	693577.7949	2279405.193
	2	693351.9789	2279326.3016		2	693547.7327	2279365.24
	3	693342.6919	2279330.0100		3	693539.742	2279371.252
	4	693361.2341	2279376.4448		4	693569.8043	2279411.205
10	1	693431.8590	2279383.4203	10	1	693501.5234	2279346.792
	2	693428.0369	2279374.1796		2	693493.5328	2279352.804
	3	693381.8330	2279393.2898		3	693523.595	2279392.758
	4	693385.6551	2279402.5306		4	693531.5857	2279386.745
11	1	711545.3127	2289218.1383	11	1	777869.4614	2301660.728
	2	711513.4108	2289179.6381		2	777868.4029	2301650.784
	3	711505.7107	2289186.0185		3	777818.6838	2301656.077
	4	711537.6127	2289224.5187		4	777819.7423	2301666.021
12	1	711577.6895	2289199.9263	12	1	777927.378	2301652.372
	2	711545.7876	2289161.4261		2	777922.3436	2301643.732
	3	711538.0875	2289167.8065		3	777879.1422	2301668.904
	4	711569.9895	2289206.3067		4	777884.1766	2301677.544
13	1	720887.6032	2295715.7000	13	1	731603.4235	2307338.326
	2	720855.7012	2295677.1998		2	731564.6472	2307306.76
	3	720848.0012	2295683.5802		3	731558.3341	2307314.515
	4	720879.9032	2295722.0804		4	731597.1104	2307346.081
14	1	721084.4429	2295636.7212	14	1	720997.4789	2295721.825
	2	721052.5409	2295598.2210		2	721003.7921	2295714.07
	3	721044.8409	2295604.6014		3	720965.0158	2295682.504
	4	721076.7428	2295643.1015		4	720958.7026	2295690.259
15	1	720822.5975	2295755.7970	15	1	721083.986	2295720.955
	2	720790.6956	2295717.2968		2	721045.2097	2295689.389
	3	720782.9955	2295723.6772		3	721038.8966	2295697.144
	4	720814.8975	2295762.1774		4	721077.6728	2295728.71
16	1	731718.7859	2307710.7329	16	1	721018.3728	2295682.073
	2	731750.6879	2307749.2331		2	720979.5965	2295650.507
	3	731758.3879	2307742.8527		3	720973.2833	2295658.262
	4	731726.4859	2307704.3525		4	721012.0596	2295689.828
17	1	731765.6783	2307808.4659	17	1	731655.6653	2307383.566
	2	731733.7763	2307769.9657		2	731616.889	2307352.001
	3	731726.0763	2307776.3461		3	731610.5758	2307359.756
	4	731757.9782	2307814.8463		4	731649.3521	2307391.322
18	1	731787.2389	2307780.2937	18	1	778643.2157	2301499.046
	2	731779.5389	2307786.6741		2	778604.4395	2301467.48
	3	731811.4409	2307825.1743		3	778598.1263	2301475.235
	4	731819.1409	2307818.7939		4	778636.9026	2301506.801
19	1	778763.1176	2301413.0061	19	1	778737.7605	2301477.676
	2	778724.3413	2301381.4403		2	778698.9842	2301446.11
	3	778718.0281	2301389.1955		3	778692.671	2301453.866
	4	778756.8044	2301420.7613		4	778731.4473	2301485.431
20	1	781914.0118	2301282.2260	20	1	781903.4618	2301394.936
	2	781865.6802	2301269.4178		2	781855.1301	2301382.128
	3	781863.1185	2301279.0841		3	781852.5685	2301391.795
	4	781911.4502	2301291.8923		4	781900.9001	2301404.603
21	1	781864.0816	2301334.2774	21	1	781811.5787	2301390.447
	2	781817.0072	2301317.4250		2	781814.9492	2301381.032
	3	781813.6367	2301326.8398		3	781767.8748	2301364.179
	4	781860.7111	2301343.6923		4	781764.5043	2301373.594

CONSULTA PÚBLICA





Región Ecológica (RE)				Área de Proyecto (AP)			
Sitio	Vértice	Este X	Norte Y	Sitio	Vértice	Este X	Norte Y
22	1	800718.2166	2306032.2402	22	1	800560.2004	2306133.07
	2	800669.8849	2306019.4320		2	800511.8687	2306120.261
	3	800667.3233	2306029.0983		3	800509.3071	2306129.928
	4	800715.6549	2306041.9065		4	800557.6388	2306142.736
23	1	778599.3598	2301443.9775				
	2	778560.5835	2301412.4117				
	3	778554.2704	2301420.1670				
	4	778593.0466	2301451.7328				
24	1	778450.0506	2301486.2916				
	2	778411.2743	2301454.7258				
	3	778404.9611	2301462.4811				
	4	778443.7374	2301494.0469				
25	1	800544.1911	2306098.0890				
	2	800542.5947	2306048.1145				
	3	800532.5998	2306048.4337				
	4	800534.1962	2306098.4082				
26	1	800632.6034	2306138.4738				
	2	800635.1651	2306128.8075				
	3	800586.8334	2306115.9993				
	4	800584.2717	2306125.6656				

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte biodiversidad> a) Flora> a.3) Vectores de muestreo.***

CONSULTA PÚBLICA



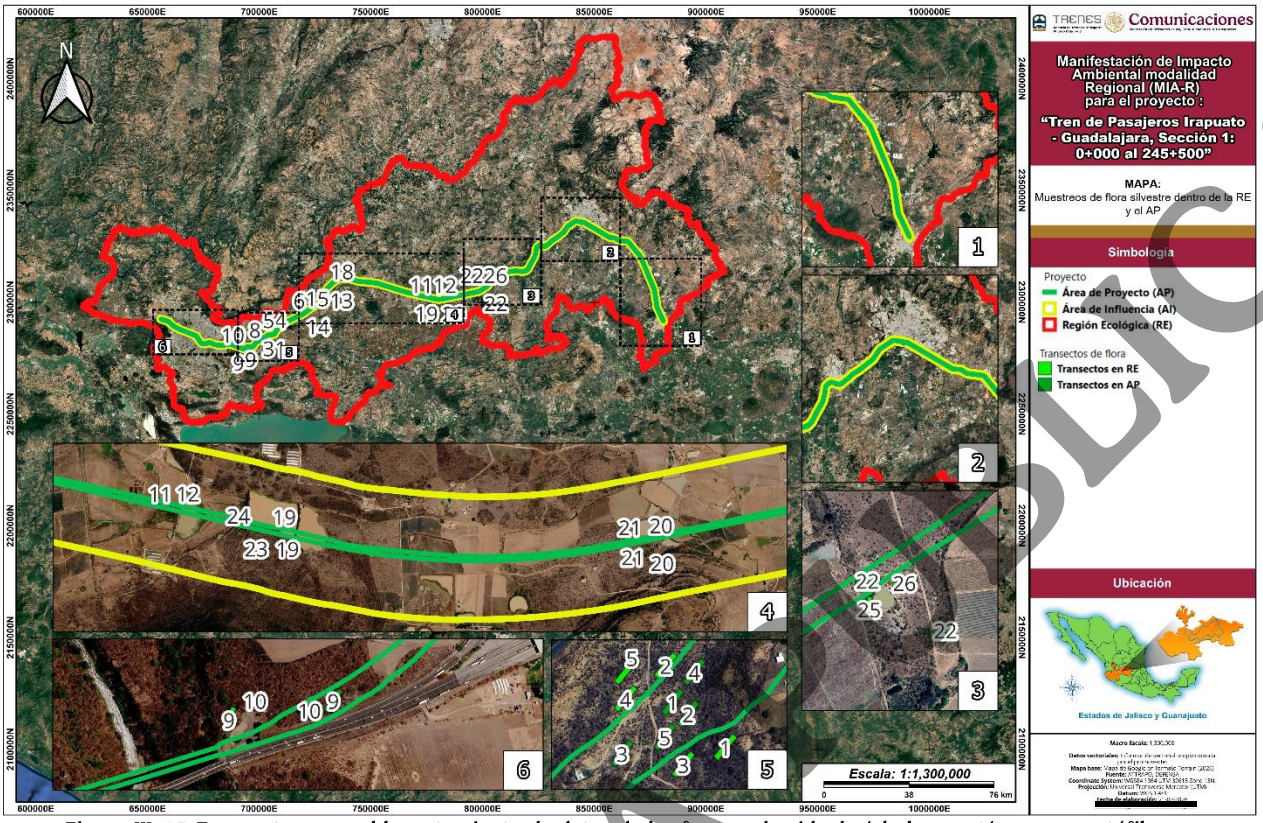


Figura III.127. Transectos para el levantamiento de datos de las formas de vida de árboles, cactáceas o rosetófilas, y enredaderas o epífitas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.



Figura III.128. Ejemplo de georreferenciación y marcaje de transecto de muestreo de flora (1). Elaboración propia.

COPIA TARJETA



Figura III.129. Ejemplo de georreferenciación y marcaje de transecto de muestreo de flora (2). Elaboración propia.



Figura III.130. Ejemplo de georreferenciación y marcaje de transecto de muestreo de flora (3). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.131. Actividades de muestreo de flora y vegetación (1). Elaboración propia.



Figura III.132. Actividades de muestreo de flora y vegetación (2). Elaboración propia.



Figura III.133. Actividades de muestreo de flora y vegetación (3). Elaboración propia.



Figura III.134. Actividades de muestreo de flora y vegetación (4). Elaboración propia.



Figura III.135. Actividades de muestreo de flora y vegetación (5). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



c) Análisis para la confiabilidad estadística

Análisis no paramétrico - Curva de Acumulación de Especies (CAE)

A continuación, se presentan los modelos se utilizan cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado, y en donde una representativa superior al 80% indica una buena eficiencia del muestreo. Se emplean generalmente cuando no tenemos datos del número de especies, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal, H. M. et al., (2004).

- Chao 1 (Chao 1 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

- Chao 2 (Chao 2 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

- Bootstrap (Bootstrap Mean en el programa EstimateS).

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie.

- **Región Ecológica (RE)**

Con base en la aplicación de los indicadores mencionados anteriormente se determinó que los valores resultantes de la CAE de los 5 estratos analizados, en su mayoría presentan un promedio de similitud entre la riqueza observada y la esperado arriba del 80 %, a excepción de las herbáceas en donde sus registros fueron dispersos y heterogéneos entre sitios de muestreo, alcanzando así sólo una representatividad del 67.79 %.

Tabla III.116. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

Estrato	Riqueza (S)	Chao 1 Mean	% de registro	Chao 2 Mean	% de registro	Bootstrap Mean	% de registro	Promedio
Árboles	33	37.2	88.71	37.79	87.32	38.37	86.00	**87.35**
Arbustos	45	45	100.00	59.16	76.06	55.11	81.65	**85.91**
Cactáceas y/o rosetófilas	5	5	100.00	5	100.00	5.42	100.00	**92.25**
Hierbas	21	21	100.00	79.28	26.49	27.31	76.89	**67.79**
Epífitas y/o trepadoras	2	2	100.00	2	100.00	2.12	94.34	**98.11**

CONSULTA PÚBLICA





Por ello, se puede definir que los muestreos para la caracterización de la flora de la Región Ecológica (RE) representan una muestra adecuada para la caracterización de la misma, la cual también ha sido complementada con un listado potencial con la finalidad de ofrecer un panorama más completo sobre la presencia de las especies de flora que pudieran habitar dentro de esta RE.

- **Área del Proyecto (AP)**

Con base en la aplicación de los indicadores mencionados anteriormente se determinó que los valores resultantes de la CAE de los 5 estratos analizados, en su mayoría presentan un promedio de similitud entre la riqueza observada y la esperado arriba del 80 %, a excepción de las herbáceas en donde sus registros fueron dispersos y heterogéneos entre sitios de muestreo, alcanzando así sólo una representatividad del 67.79 %.

Tabla III.117. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

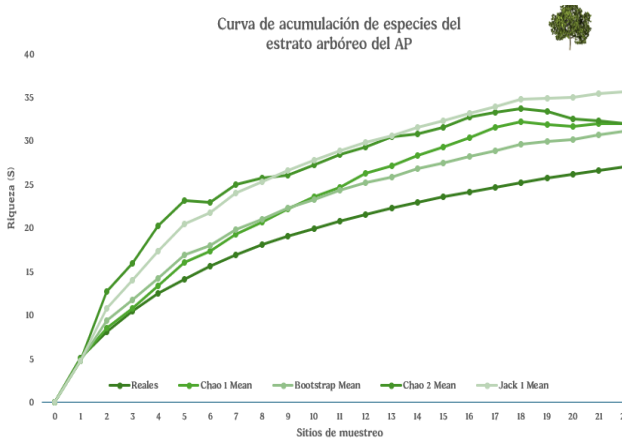
Estrato	Riqueza (S)	Chao 1 Mean	% de registro	Chao 2 Mean	% de registro	Bootstrap Mean	% de registro	Promedio
Árboles	27	32	84.38	31.91	84.61	31.06	86.93	**85.31**
Arbustos	29	29	100.00	34.83	83.26	34.10	81.65	**85.91**
Cactáceas y/o rosetófilas	5	5	100.00	5	100.00	5.44	91.91	**97.30**
Hierbas	21	21	100.00	79.28	26.49	27.31	76.89	**67.79**
Epífitas y/o trepadoras	2	2	100.00	2	100.00	2.12	94.34	**98.11**

Por ello, se puede definir que los muestreos para la caracterización de la flora del Área del Proyecto (AP) representan una muestra adecuada para la caracterización de la misma, la cual también ha sido complementada con un listado potencial con la finalidad de ofrecer un panorama más completo sobre la presencia de las especies de flora que pudieran ser afectadas por la ejecución del Tren de Pasajeros.

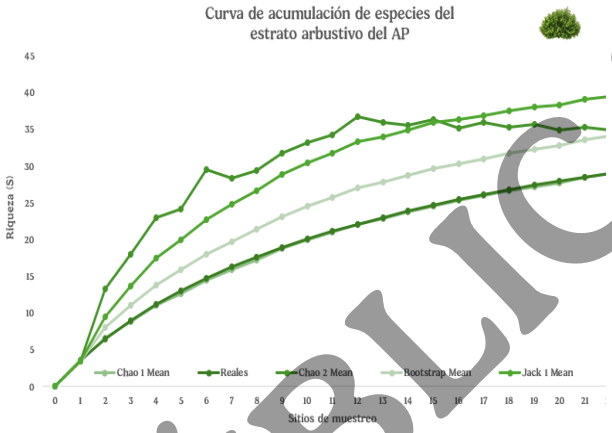
CONSULTA PÚBLICA



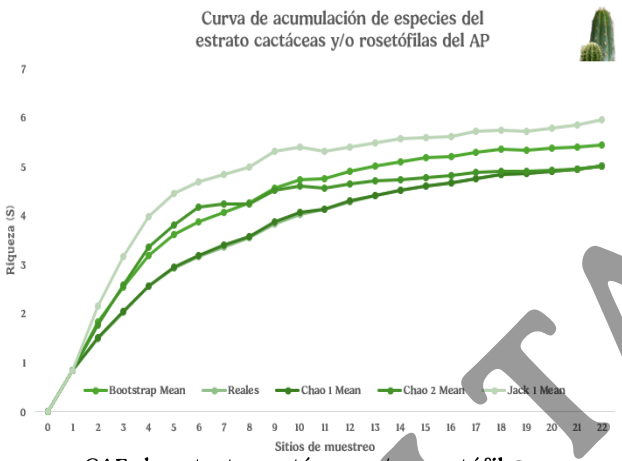




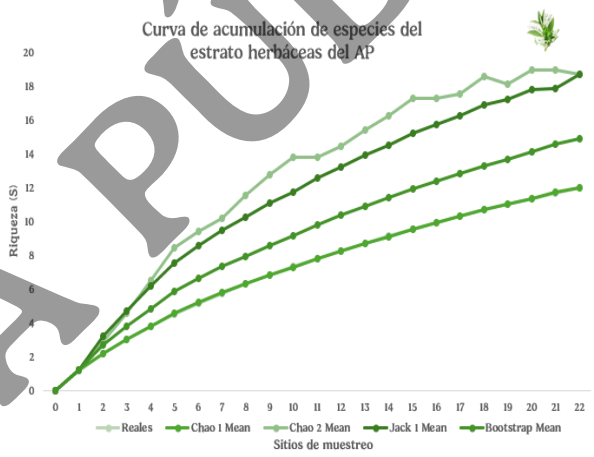
CAE de estrato arbóreo



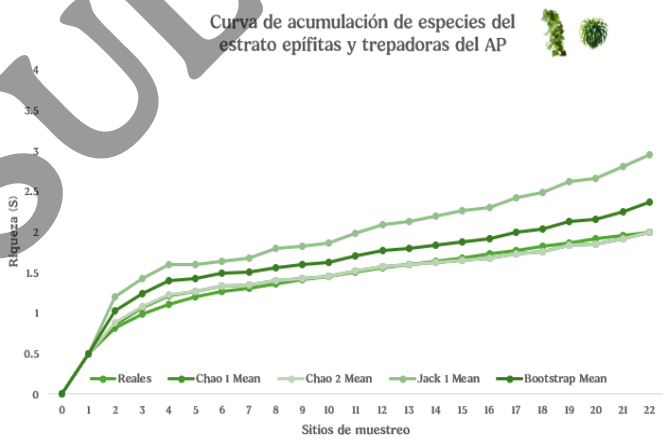
CAE de estrato arbustivo



CAE de estrato cactáceas y/o rosetófilas



CAE de estrato hierbas



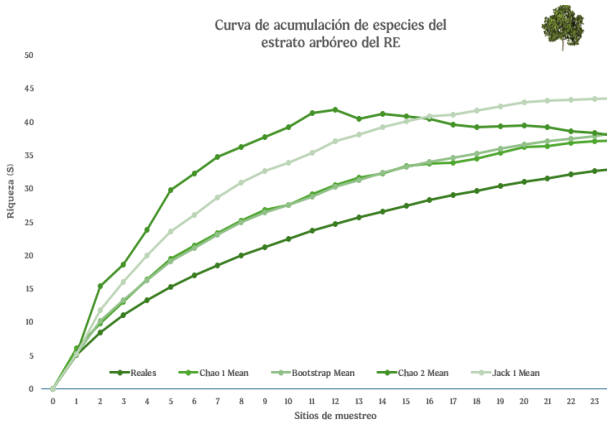
CAE de estrato epífitas y/o trepadoras

Figura III.136. Curvas de Acumulación de Especies (CAEs) por estrato dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

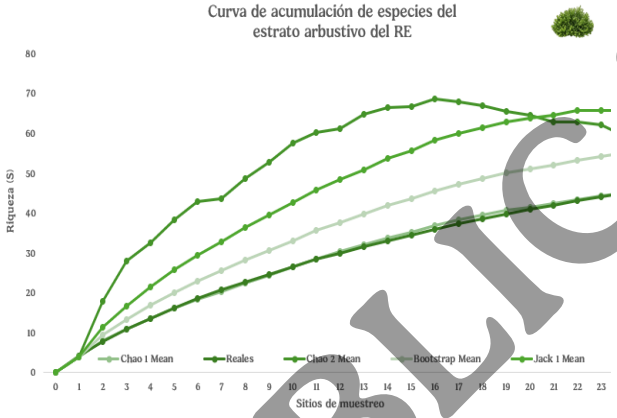
CONSULTA PÚBLICA



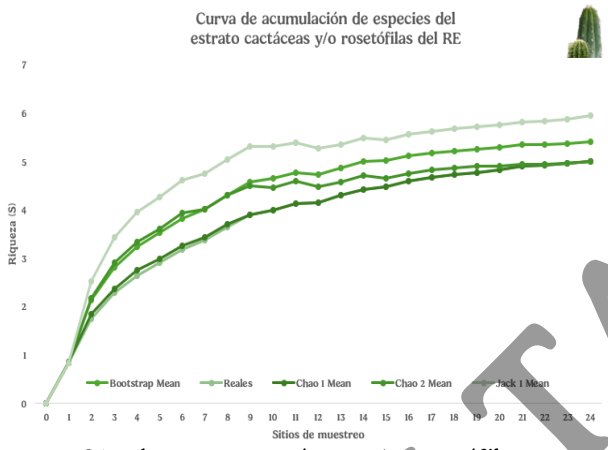




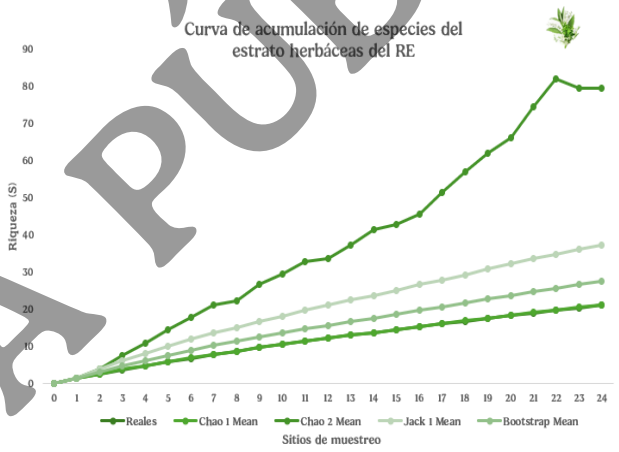
CAE de estrato arbóreo



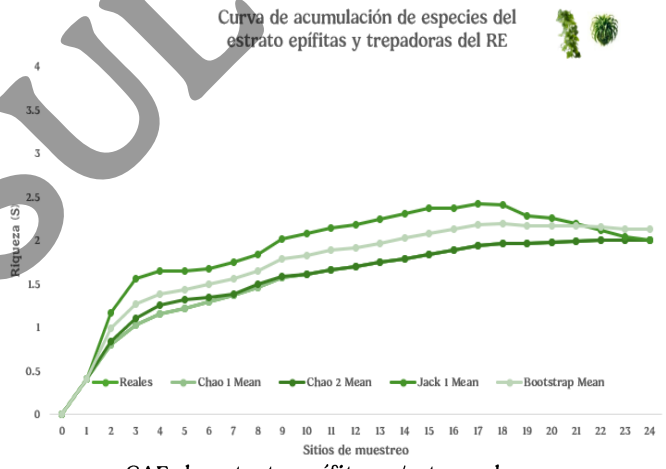
CAE de estrato arbustivo



CAE de estrato cactáceas y/o rosetófilas



CAE de estrato hierbas



CAE de estrato epífitas y/o trepadoras

Figura III.137. Curvas de Acumulación de Especies (CAEs) por estrato dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte biodiversidad> a) Flora> a.2) Confiabilidad estadística.***

CONSULTA PÚBLICA





d) Análisis de la información para la caracterización de la vegetación

d.1) Caracterización mediante en análisis de la flora potencial

Descripción generada a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1927 y 2023 (96 años de registros históricos), con la finalidad de obtener un listado de la flora presente dentro de la RE y AP. Asimismo, se realizó un conteo de puntos de registros de especies de a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 2 kilómetros.

d.2) Caracterización mediante los sitios de muestreo biológicos

Empleando la información recopilada en campo, se procedió con el análisis dentro del **AP** y **RE**, como por estrato identificado en campo. Para ello, se realizó una descripción a nivel comunidad, florística, dasometría, diversidad e importancia ecológica.

d.3) Descripción florística

Para este análisis, se agruparon a las especies tanto por familia botánica como por género para identificar la riqueza de especies de manera general y a nivel de estrato, desarrollando una descripción puntual por niveles de distribución vertical. Además, se analizarán los grados de riesgo de las especies contrastando con la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y Cites, así como su distribución y nivel de endemismo de acuerdo con Enciclovida conforme a los siguiente:

- **Categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)**



Sujeta a protección especial (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.



Amenazada (A): Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.



En peligro de extinción (P): Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

CONSULTA PÚBLICA





- **Categorías de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internación para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)**



Datos insuficientes (DD): Un taxón se incluye en DD cuando no hay información adecuada para caer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución.



Preocupación menor (LC): Un taxón se considera en LC cuando, habiendo sido evaluado, no cumple con ninguno de los criterios que definen las categorías siguientes.



Casi amenazado (NT): Un taxón está NT cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente con criterios superiores, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.



Vulnerable (VU): Un taxón es VU cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción alto en estado silvestre.



En peligro (EN): Un taxón está en EN cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para En Peligro y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción muy alto en estado silvestre.



En peligro crítico (CR): Un taxón está en CR cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para en CR y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado silvestre.

- **Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)**



Apéndice I: se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices de la CITES. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. En estos casos excepcionales, puede realizarse la transacción comercial siempre y cuando se autorice mediante la concesión de un permiso de importación y un permiso de exportación (o certificado de reexportación). Además, en el Artículo VII de la Convención se prevén excepciones y otras disposiciones al respecto.

CONSULTA PÚBLICA



Apéndice II: se incluyen las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación. En el marco de la CITES no es preciso contar con un permiso de importación para esas especies (pese a que en algunos países que imponen medidas más estrictas que las exigidas por la CITES se necesita un permiso).

Apéndice III: se incluyen a las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Sólo se autoriza el comercio internacional de especímenes de estas especies previa presentación de los permisos o certificados apropiados.

- **Distribución y endemismo**

Especies Nativas: Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área. Por ejemplo, los ahuehuetes son nativos de México. Las especies nativas tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia y están bien adaptadas a las condiciones locales.

Especies Endémicas: Especie que se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región.

Especie Exótica: Especie introducida fuera de su área de distribución original. Muchas de las especies de plantas ornamentales y de animales domésticos son especies exóticas provenientes de otros continentes.

Especie Exótica-invasora: Las especies exóticas se consideran invasoras cuando que se establecen, reproducen y dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía.

CONSULTA PÚBLICA



d.4) Descripción de la biodiversidad

Para la descripción de este aparatado, se realizó una descripción tanto a nivel riqueza como en su diversidad.

- **Riqueza (S)**

Se define como riqueza al número de especies presentes en un área determinada. Para este caso en particular es el número total de especies presentes dentro de los muestreos realizados a largo de las actividades de caracterización forestal.

- **Diversidad**

La diversidad de especies en cada sitio de muestreo se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural y el índice de dominancia de Simpson (λ), por considerar que son poco sensibles a la presencia de las especies menos abundantes. Adicionalmente, se evaluó el índice de equitatividad de Pielou (J') para comparar la diversidad calculada con el índice de H' y la máxima diversidad que puede albergar el área de estudio (Krebs, 1985; Meave *et al.,* 1992; Catalan-Heverástico *et al.,* 2003, Halffter *et al,* 2007).

Índice de Shannon-Wiener (H')

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; valores inferiores a 2 se consideran bajos, entre 2 y 3.5 se considera media, y superiores a 3.5 son altos, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más:

$$H' = - \sum pi \ln pi$$

Dónde:
S = número de especies (la riqueza de especies)
Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N

Dónde:
pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de dominancia de Simpson (λ)

Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – λ, en donde entre más cercano es el valor a 0, mayor será la diversidad. Valores entre 0 y 0.2 son considerados como altos, mayores a 0.2 y hasta 0.7 se consideran como medios y superiores a 0.7 se consideran bajos (Lande, 1996). A continuación, se presenta la ecuación para obtener su resultado:

$$\lambda = \sum pi^2$$

Dónde:
pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

CONSULTA PÚBLICA





Índice de equitatividad de Pielou (J')

Este índice permite compara la diversidad esperada con la calculada y determinar un valor que indica la relación que existe entre la intensidad del muestreo y lo que el indicador puntualiza. Valores entre 0 y 0.3 indican una baja equitatividad entre la riqueza esperada y observada, mayores a 0.3 y hasta 0.8 se considera media, y superiores a 0.8 se considera como alta (Magurran, 1988; Peet, 1974).

$$J' = H'/H'max$$

Dónde:
H'= índice de diversidad de Shannon-Wiener.
H'max = diversidad máxima esperada.

Serie de números de Hill

Donde la derivación de esta ecuación genera diferentes órdenes denominados q. Los tres primeros órdenes (q= 0 ó 1 ó 2) coinciden con las tres medidas más importantes de diversidad; en particular, si q = 0, entonces q0 = S (número total de especie).

Dónde:

pi = abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Q0= riqueza registrada en campo.

Q1 = número de especies abundantes o comunes (eH') (H' es el Índice de Shannon-Weiner).

Q2 = número de especies muy abundantes o dominantes = 1/λ (para λ ver el índice de Simpson).

A medida que aumenta el número de especies, las especies más raras tienen menos peso en la muestra y se obtienen valores más bajos de q1 y q2.

CONSULTA PÚBLICA





e) Resultados

e.1) Flora potencial dentro de la Región Ecológica (RE)

El Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) es una plataforma que compila, organiza y distribuye información sobre la biodiversidad y los recursos biológicos de México. Es a través de las bases de datos proporcionadas por los proyectos apoyados por la CONABIO, así como de los registros realizados en plataformas como Inaturalist que esta plataforma ofrece un inventario nacional de registro de especies pertenecientes a diferentes grupos biológicos.

Es así como mediante la recopilación de los registros de especies vegetales extraídos del Geoportal del SNIB, se obtuvieron y procesaron un total de 58,947 **registros** para la Región Ecológica (RE), pertenecientes a un total de 4,556 **especies potenciales de flora**.

Los datos de registros obtenidos fueron procesados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) denominado como QGIS 3.40.4, en el cual a través de la herramienta de geoproceso denominada como "corte", se delimitaron los registros puntuales de las especies de flora al área de la Región Ecológica (RE), para posteriormente tras generar una cuadricula de hexágonos con dimensiones fijas de 6 kilómetros de alto y ancho dentro de la RE, realizar un conteo de los registros que inciden en cada hexágono que conforma la cuadrícula y de esa manera generar un gradiente que refleje las zonas donde se concentra la riqueza y la abundancia (según el caso) de las especies en la RE.

Para ello, se establecieron rangos de acuerdo con el número máximo y mínimo de especies (en el caso de riqueza) o individuos (en el caso de abundancia) acumulados en los polígonos hexagonales distribuidos en la Región Ecológica, de tal modo que se creó un gradiente conforme el número de especies contenidas en cada uno de estos polígonos.

Como parte de la caracterización del componente flora, estos resultados se consideran suficientes puesto que permiten analizar la riqueza dentro de este RE a través del **periodo comprendido entre 1839 y 2024 (185 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica. Es por ello por lo que se concluye que esta información es válida para este componente.

CONSULTA PÚBLICA



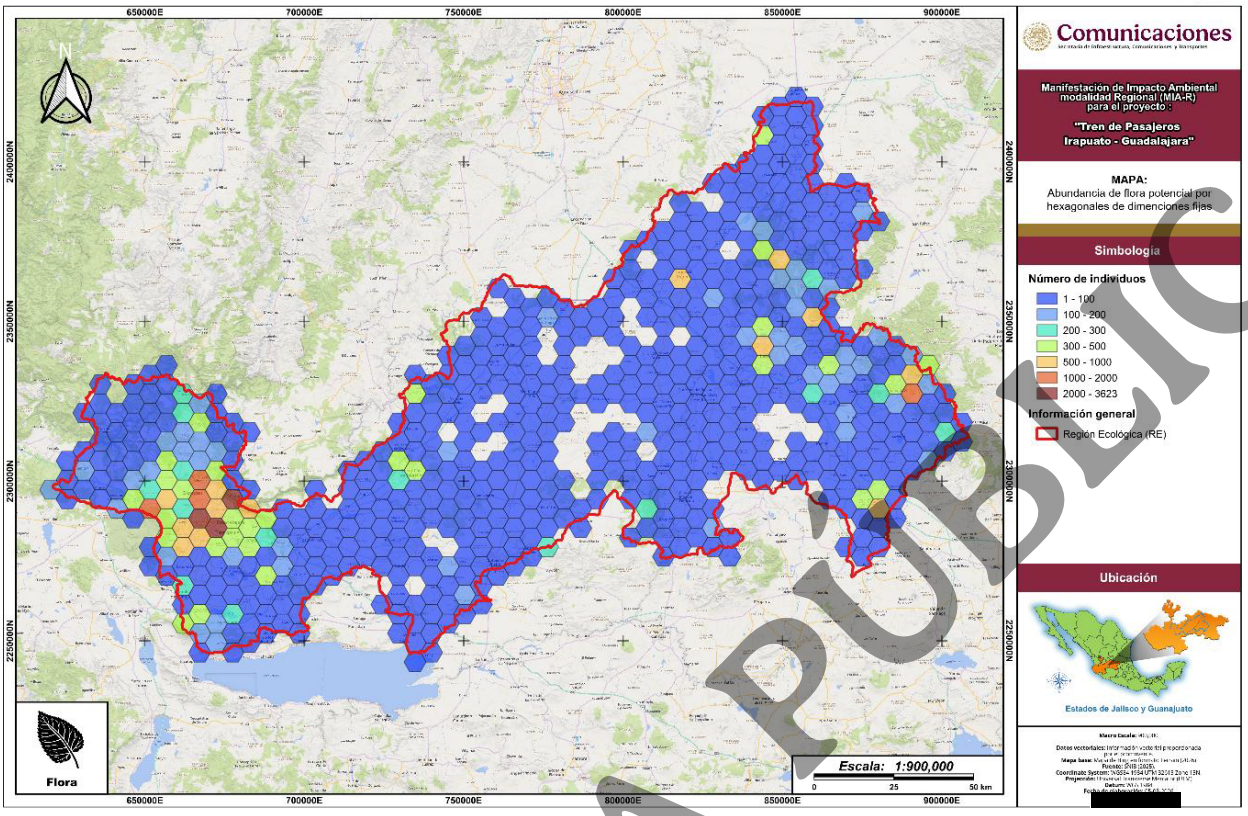


Figura III.138. Registro de abundancias de flora por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.

Dentro de la flora potencial registrada en la Región Ecológica, se registraron un total de 4,556 especies distribuidas en 248 familias y 1,314 géneros, resultando en 263 especies exóticas, 90 especies exóticas-invasoras, 2 especies criptogénicas y 4,201 nativas, de las cuales 1,427 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 272 especies en apéndices CITES, todas incluidas dentro del apéndice II. Por otro lado, en la categorización por parte del IUCN se registraron un total de 1014 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo, de modo en que 25 especies no cuentan con los datos suficientes DD, 890 especies se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 31 como Vulnerables (VU), 26 especies casi amenazadas (NT), 28 en Peligro (EN) y a *Arachnothryx jaliscensis, Cedrela dugesii, Louteridium koelzii, Magnolia pacifica pacifica* y *Magnolia pacifica* como especies en Peligro Crítico (CR).

CONSULTA PÚBLICA

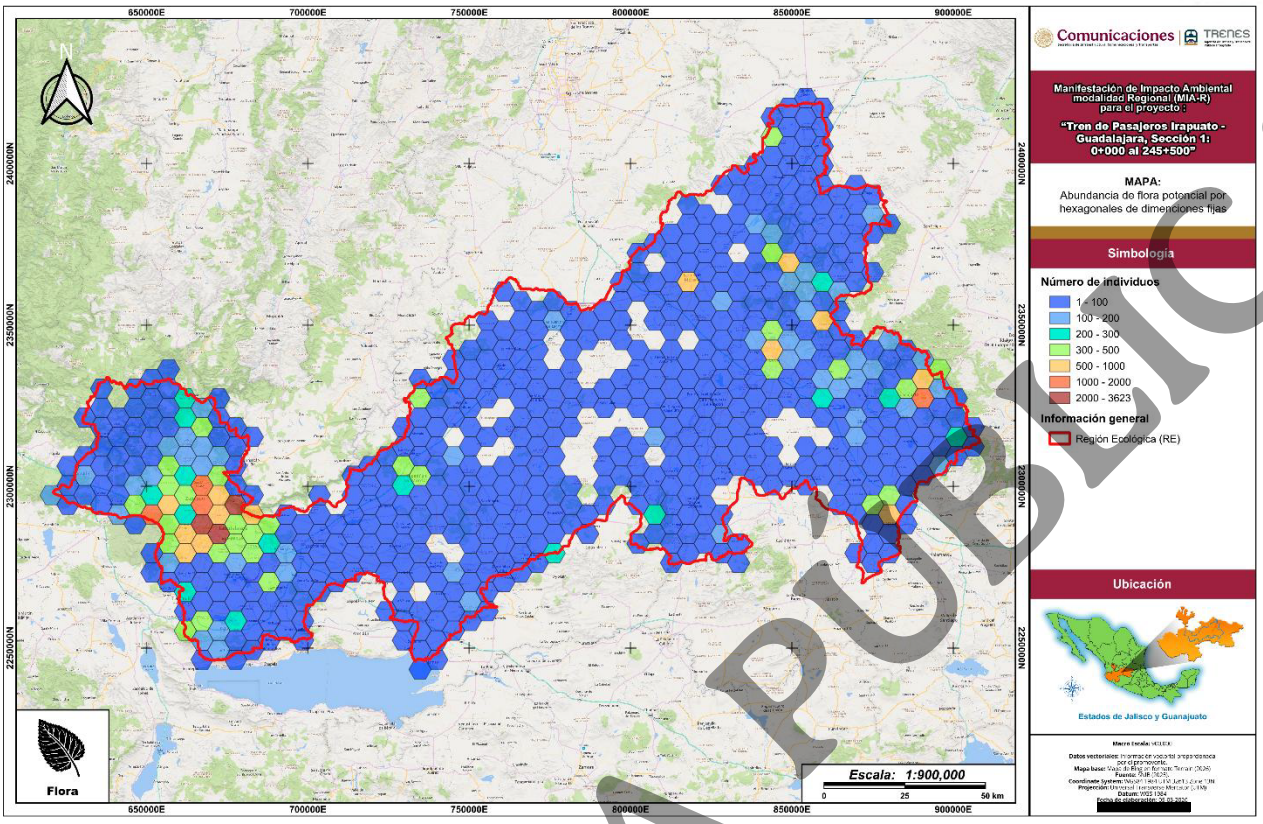


Figura III.139. Riqueza de especies de flora por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.

Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo **de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo III (2019), se encontraron 66 especies en alguna categoría de riesgo** (32 Sujetas a protección especial (Pr), 24 amenazadas y 10 en peligro de extinción (P), conforme a este organismo. Es importante comentar que estas especies presentan una distribución más amplia a la Región Ecológica, estableciéndose en el centro del país principalmente.

Tabla III.118. Flora potencial categorizada como Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

Especies Sujetas a Protección Especial (Pr)	Endemismo	Especies Sujetas a Protección Especial (Pr)	Endemismo
Arbutus occidentalis	Endémica	*Laelia speciosa*	Endémica
Cedrela dugesii	No endémica	*Mammillaria bombycina perezdelarosae*	Endémica
Cedrela odorata	No endémica	*Mammillaria crinita crinita*	Endémica
Cochlospermum palmatifidum	No endémica	*Mammillaria mercadensis*	Endémica
Comarostaphylis discolor	No endémica	*Mammillaria rettigiana*	Endémica
Crusea coronata	No endémica	*Muhlenbergia jaliscana*	Endémica
Crusea hispida grandiflora	No endémica	*Noveloa coulteriana*	Endémica
Cupressus lusitanica	No endémica	*Opuntia excelsa*	Endémica
Cupressus lusitanica benthamii	No endémica	*Phymosia rosea*	No endémica
Cupressus lusitanica lusitanica	No endémica	*Pinus durangensis*	Endémica
Eryngium proteiflorum	Endémica	*Polianthes longiflora*	Endémica
Ferocactus histrix	Endémica	*Polianthes palustris*	Endémica

CONSULTA PÚBLICA



Especies Sujetas a Protección Especial (Pr)	Endemismo	Especies Sujetas a Protección Especial (Pr)	Endemismo
Gentiana spathacea	Endémica	*Polianthes platyphylla*	Endémica
Gossypium aridum	Endémica	*Schoenocaulon jaliscense*	No endémica
Govenia tequilana	Endémica	*Tripsacum zopilotense*	Endémica
Habenaria novemfida	No endémica	*Zigadenus virescens*	Endémica

Tabla III.119. Flora potencial categorizada como Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

Especies Amenazadas (A)	Endemismo	Especies Amenazadas (A)	Endemismo
Albizia occidentalis	No endémica	*Microdesmia arborea*	No endémica
Astronium graveolens	No endémica	*Nymphaea gracilis*	Endémica
Carpinus caroliniana	No endémica	*Nymphaea mexicana*	No endémica
Coryphantha elephantidens	Endémica	*Prosthechea mariae*	Endémica
Cypripedium irapeanum	No endémica	*Psilotum complanatum*	No endémica
Dasylirion acrotrichum	Endémica	*Quercus macdougallii*	Endémica
Erythrina americana	No endémica	*Sideroxylon capiri*	No endémica
Handroanthus chrysanthus	No endémica	*Sideroxylon capiri capiri*	Endémica
Magnolia iltisiana	No endémica	*Sideroxylon capiri tempisque*	Endémica
Magnolia schiedeana	Endémica	*Trifolium wormskioldii*	No endémica
Mammillaria rhodantha	Endémica	*Tripsacum maizar*	Endémica
Mammillaria rhodantha fera-rubra	Endémica	*Zinnia elegans*	No endémica

Tabla III.120. Flora potencial categorizada como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

Especies en Peligro de Extinción (P)	Endemismo	Especies en Peligro de Extinción (P)	Endemismo
Dioon tomasellii	Endémica	*Litsea glaucescens*	No endémica
Echeveria elegans	Endémica	*Nephrolepis cordifolia*	No endémica
Echinocactus platyacanthus	Endémica	*Picrasma mexicana*	Endémica
Gossypium trilobum	Endémica	*Selaginella porphyrospora*	No endémica
Hymenocallis concinna	Endémica	*Sideroxylon cartilagineum*	No endémica

CONSULTA PÚBLICA





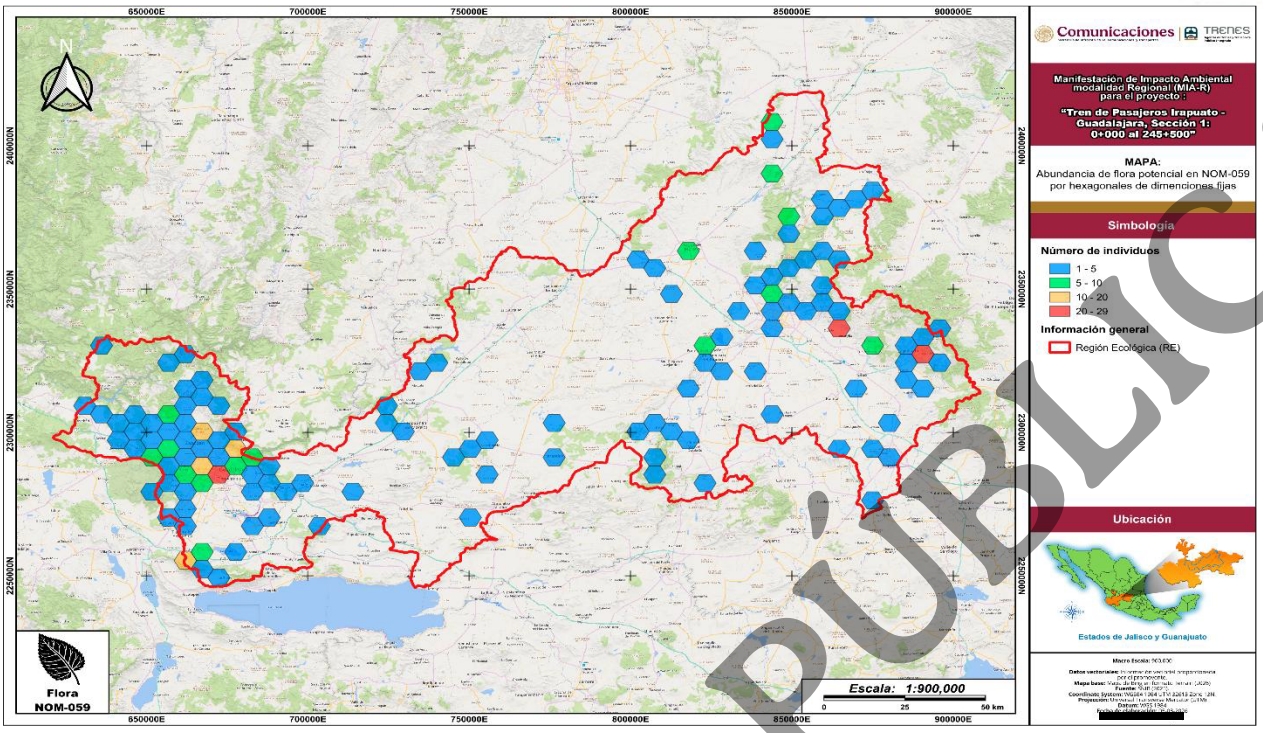


Figura III.140. Distribución de individuos de flora bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

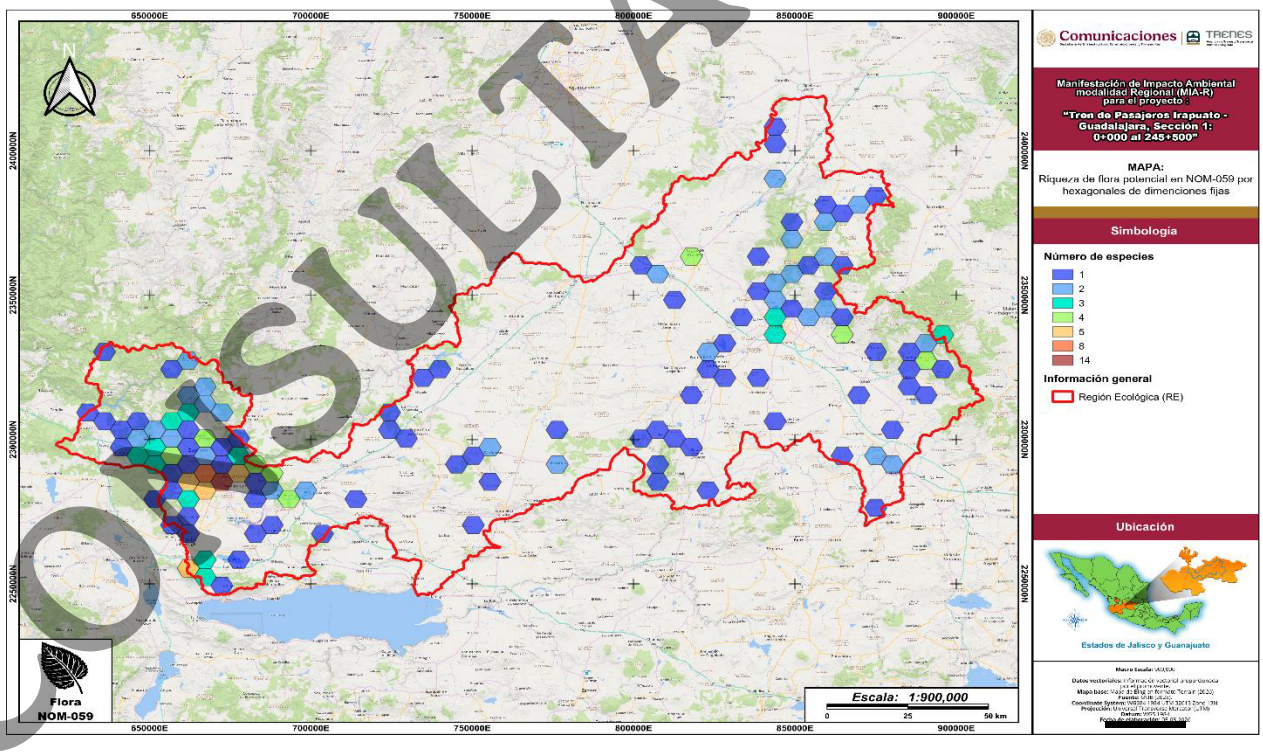


Figura III.141. Riqueza de flora potencial bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA





- **Estacionalidad de las especies de flora durante la temporada de lluvias y de secas**

Las plantas, son organismos fotosintéticos caracterizados entre muchas cosas por su modo de vida sésil desde que se tiene registro y noción de su existencia, por lo que tras el pasar del tiempo y durante millones de años evolucionaron y se diversificaron a fin de prevalecer en diferentes entornos donde pudiesen ocupar nichos que ofrezcan condiciones favorables dentro de los ecosistemas, por lo que para estos organismos fue necesario adoptar diferentes medidas y estrategias que les permitieran acceso a recursos necesarios para su supervivencia, desarrollando así múltiples formas y estrategias de crecimiento a fin de garantizar la prosperidad de su especie y siendo más notorios en el grupo de las plantas con flores (angiospermas).

Es así como de manera general, dentro de las angiospermas encontramos a tres tipos principales de estrategias conforme a su tipo de modo en que se enuncian, donde por un lado se encuentran a las *plantas perennes*, las cuales hacen referencia a especies vegetales que completan sus ciclos biológicos a lo largo de muchos años, mientras que las *plantas anuales* son aquellas que completan todo su ciclo biológico en un corto periodo de tiempo, por lo que germinan, crecen, florecen, producen semillas y mueren en tan solo un año a diferencia de aquellas determinadas como *plantas bianuales* (o binales) que dividen su ciclo biológico en dos períodos (dos años) donde en el primero germinan y crecen, mientras que en el segundo florecen, producen semillas y mueren.

Es con base en esta clasificación que dentro de la Región Ecológica se encontraron de manera potencial a un total de 3605 especies vegetales, de las cuales las plantas perennes tienen una representatividad del 81.97%, las anuales del 17.55% y las bianuales solamente el 0.48% tal y como se muestra a continuación.

Tabla III.121. Número de especies potenciales por tipo de crecimiento. Elaboración propia.

Tipo de crecimiento	Número de especies	Representatividad
Perennes (durante todo el año)	3,605	81.97
Anuales (en temporada de lluvias)	772	17.55
Bianuales (un ciclo temporal De lluvias y secas)	21	0.48
TOTAL	**4,398**	**100**

CONSULTA PÚBLICA





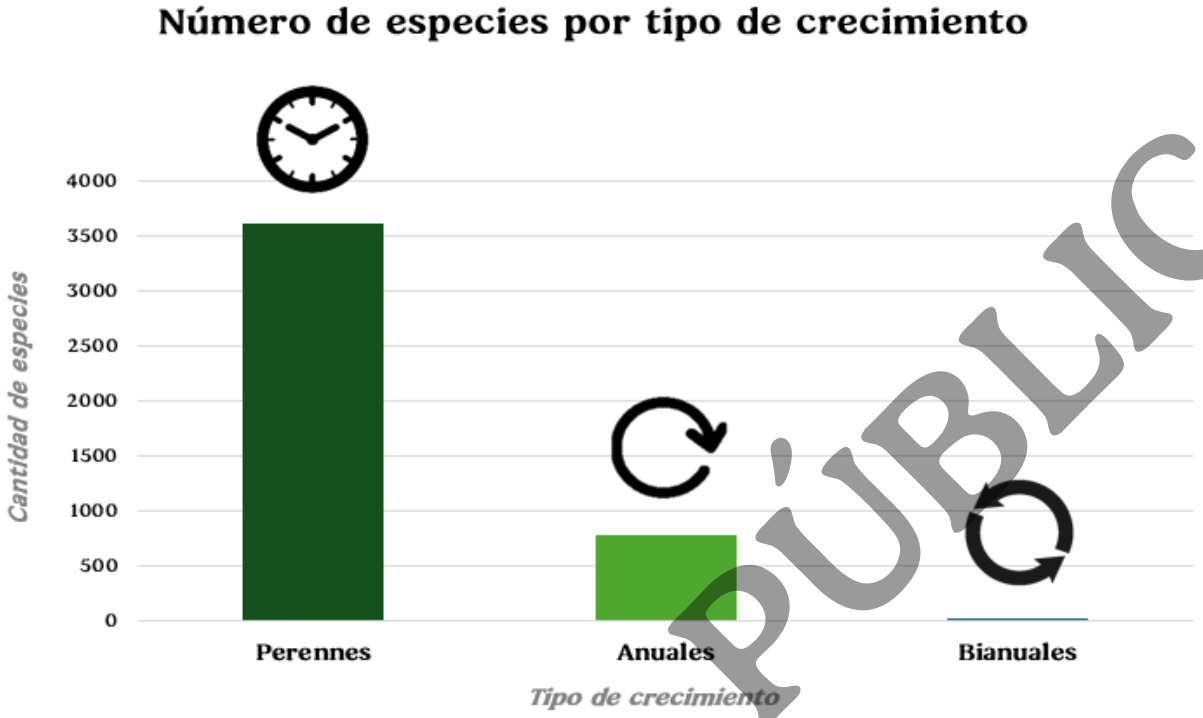


Figura III.142. Número de especies potenciales por tipo de crecimiento y estacionalidad. Elaboración propia.

Para más información, se puede consultar el ***ANX.IV. Soporte biodiversidad> a) Flora> a.1) Flora potencial.***

CONSULTA PÚBLICA

e.2) Resultados a través de los muestreos biológicos

A continuación, se presenta la información de los muestreos de flora ejecutados para la caracterización tanto para el Área del Proyecto (AP) como para la Región Ecológica (RE). Esta información complementa los análisis potenciales, con la finalidad de ofrecer un panorama de las condiciones que se presentan en campo, y definir los posibles impactos ambientales, así como las medidas de prevención, mitigación y compensación para el componente de Flora y Vegetación.

- **Patrones de riqueza**

Con base en los muestreos en campo, se registraron 108 especies repartidas dentro de 77 géneros y 32 familias botánicas, esto para la Región Ecológica (RE), mientras que para el Área del Proyecto (AP) se registraron 76 especies repartidas dentro de 56 géneros y 25 familias botánicas. Es importante destacar que **todas las especies registradas dentro del AP también se reportaron dentro de la Región Ecológica (RE).**

Tabla III.122. Patrones de riqueza por nivel taxonómico entre la RE y el AP. Elaboración propia.

Nivel taxonómico	Región Ecológica (RE)	Área de Proyecto (AP)
Familias	32	25
Géneros	77	56
Especies	108	76

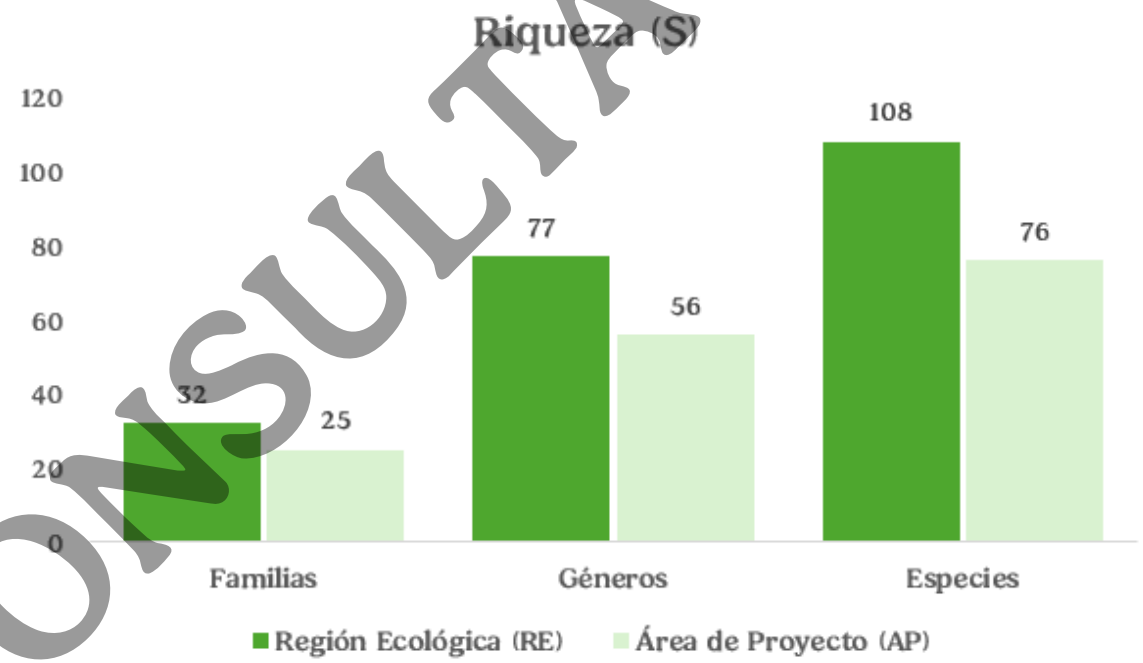


Figura III.143. Comparación de la riqueza específica (familias, géneros y especies) de flora dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Respecto a las formas de vidas o estratos, a continuación, se exponen las relaciones taxonómicas por zona de análisis:

CONSULTA PÚBLICA

Dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 44 especies de arbustos (40.74 %), siendo la forma de vida más dominante. Después le siguen los árboles con 34 especies (31.48 %), las hierbas con 22 (20.37 %), las cactáceas y/o rosetófilas con 6 (5.56 %) y las epífitas y/o trepadoras con 2 (1.85 %). Por otra parte, dentro del Área del Proyecto (AP) los árboles fueron la forma de vida más común con 28 especies (36.84 %), seguida de los arbustos con 27 (35.53 %), después por las hierbas con 14 (18.42 %), las cactáceas y/o rosetófilas con 5 (6.58 %) y las epífitas y/o trepadoras con 2 (2.63 %).

Tabla III.123. Riqueza de las especies por forma de vida dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Forma de vida	Región Ecológica (RE)	Porcentaje (%)	Área de Proyecto (AP)	Porcentaje (%)
Árbol	34	31.48	28	36.84
Arbusto	44	40.74	27	35.53
Cactácea y/o rosetófilas	6	5.56	5	6.58
Epífitas y/o trepadoras	2	1.85	2	2.63
Hierbas	22	20.37	14	18.42
Total	108	100.00	76	100.00

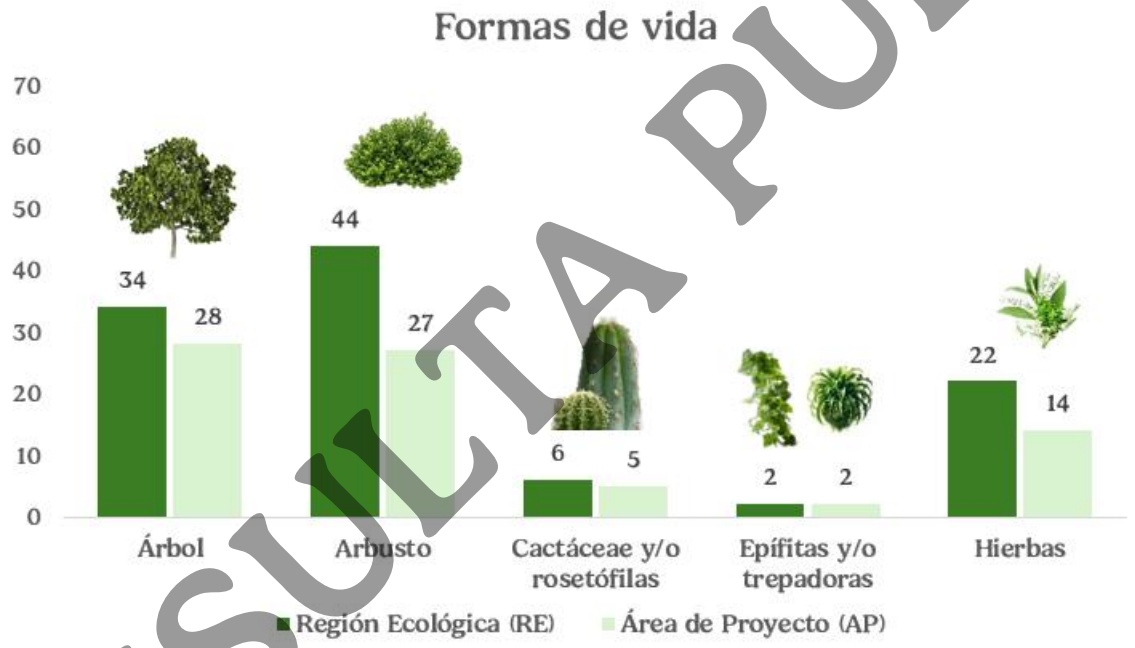


Figura III.144. Comparación de las formas de vida de flora dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

De las 108 especies registradas, dentro de la RE se registraron 70 (64.81 %) de ellas son nativas para el territorio nacional y para el AP fueron 45 (41.67 %), 24 (22.22 %) dentro de la RE son endémicas para México y 20 (26.32 %) en el AP, las cuales se enuncian a continuación: *Agava maximiliana, Annona longiflora, Bunchosia palmeri, Bursera grandiflora, B. palmeri, B. penicillata, Chromolaena pulchella, Dendroviguiera quinqueradiata, Ipomoea intrapilosa, Ipomoea stans, Mandevilla foliosa, Montanoa grandiflora, Nyctocereus serpentinus, Opuntia hyptiacantha, O. lasiacantha, Quercus eduardi, Q. obtusata, Q. resinosa, Roldana heracleifolia, Salvia amarissima, S. longispicata, Verbesina fastigiata, V. sphaerocephala* y *Zinnia zinnioides.*

Para el caso de las especies que no presentan una distribución natural dentro del país, 9 (8.33 %) especies exóticas se registraron dentro de la RE y 7 (6.48 %) dentro del AP. Por

CONSULTA PÚBLICA

último, dentro de la RE se registraron 5 (4.63 %) especies exóticas-invasoras y para el AP fueron 4 (3.70 %), las cuales se enuncian a continuación: *Arundo donax, Cenchrus clandestinus, Cortaderia selloana, Cynodon dactylon* y *Ricinus communis.*

Tabla III.124. Distribución de las especies registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Distribución	Región Ecológica (RE)	Porcentaje (%)	Área de Proyecto (AP)	Porcentaje (%)
Endémica	24	22.22	20	26.32
Nativa	70	64.81	45	59.21
Exótica-invasora	5	4.63	4	5.26
Exótica	9	8.33	7	9.21
Total	**108**	**100.00**	**76**	**100.00**

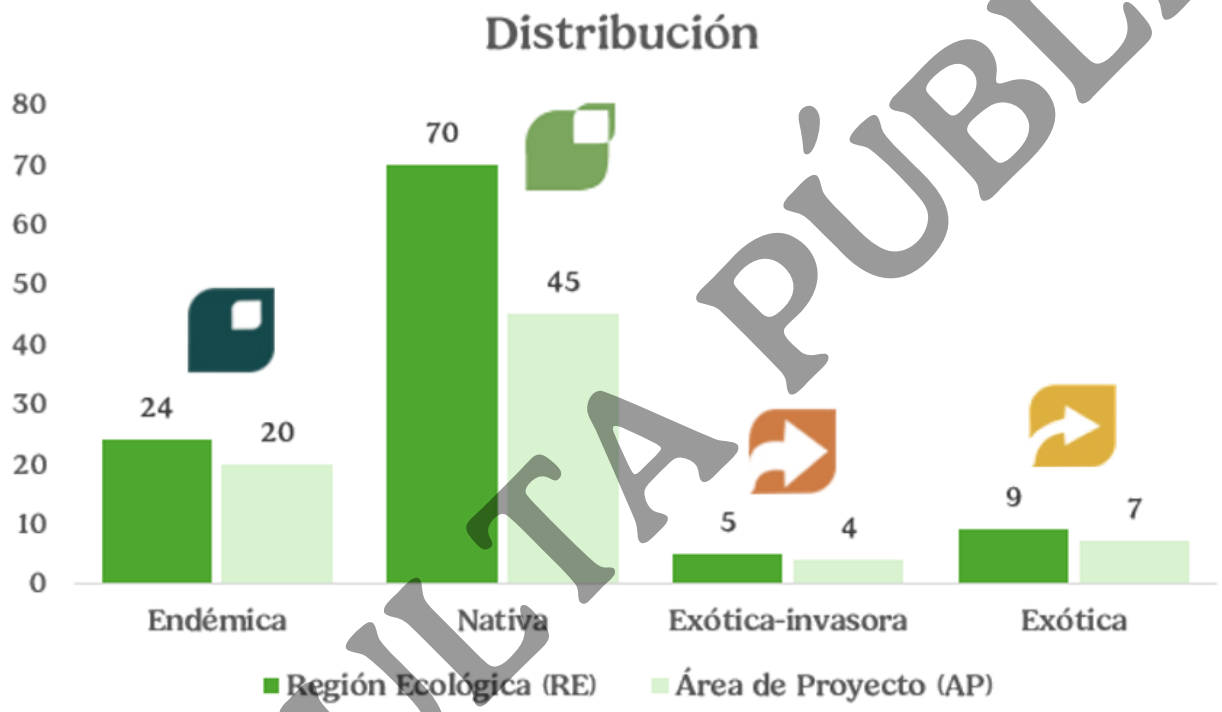


Figura III.145. Distribución de las especies de flora registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Para el riesgo nacional, **ninguna de las especies de flora registradas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019).** Por parte de los riesgos internacionales, de acuerdo con los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, se determinó que 5 (4.63 %) de las especies de la RE se encuentran dentro del Apéndice II por riesgo por comercio o tráfico internacional, mientras que para el AP también son 5, pero con un valor porcentual del 6.58 % de sus especies registradas. A continuación, se enlistan estas especies: *Nyctocereus serpentinus, Opuntia hyptiacantha, O. lasiacantha, O. ficus-indica* y *O. tomentosa.*

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III.125. Especies con alguna categoría de riesgo por comercio o tráfico internacional registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Apéndices	Región Ecológica (RE)	Porcentaje (%)	Área de Proyecto (AP)	Porcentaje (%)
Apéndice I	0	0.00	0	0.00
Apéndice II	5	4.63	5	6.58
Apéndice III	0	0.00	0	0.00
Sin riesgo por comercio	103	95.37	71	93.42
Total	**108**	**100.00**	**76**	**100.00**

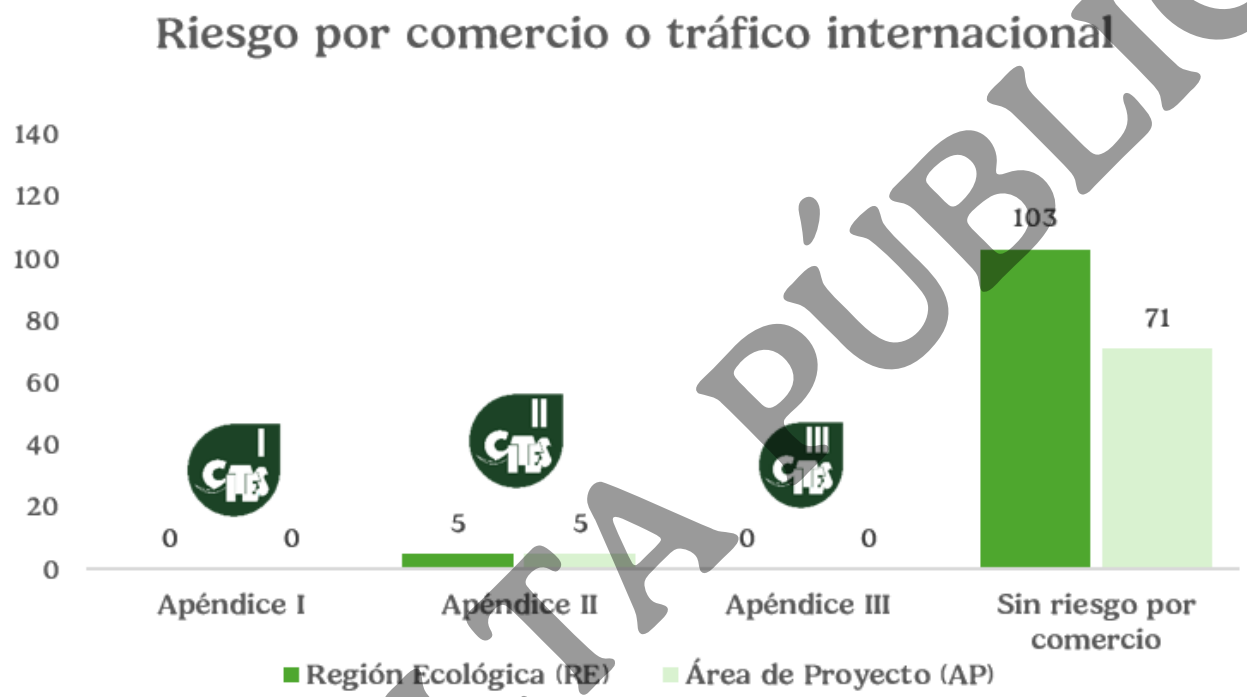


Figura III.146. Especies con alguna categoría de riesgo por comercio o tráfico internacional registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Respecto a los riesgos internacionales por pérdida de hábitat, dentro de la RE se registraron a 62 especies dentro de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), mientras que en el AP fueron 46 especies, conforme a lo siguiente: para la RE 60 (55.56 %) especies se enlistan como en Preocupación Menor (LC), 1 (0.93 %) como Casi Amenazada (NT) y 1 (0.93 %) con Datos Insuficientes (DD); para el AP fueron 46 (60.53 %) como en Preocupación Menor (LC), 1 (1.32 %) como Casi Amenazada (NT) y 1 (1.32 %) con Datos Insuficientes (DD).

Tabla III.126. Especies en la Lista Roja de la IUCN registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Categoría de riesgo	Región Ecológica (RE)	Porcentaje (%)	Área de Proyecto (AP)	Porcentaje (%)
Casi amenazado (NT)	1	0.93	1	1.32
Datos insuficientes (DD)	1	0.93	1	1.32
Preocupación menor (LC)	60	55.56	46	60.53
Sin registro	46	42.59	28	36.84
Total	**108**	**100.00**	**76**	**100.00**

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.147. Especies en la Lista Roja de la IUCN registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el listado florístico de las especies registradas dentro de la Región Ecológica (RE) y del Área del Proyecto (AP).

CONSULTA PÚBLICA





Tabla 127. Listado florístico de las especies presentes de los muestreos de la RE y el AP. Elaboración propia.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Forma de vida	Distribución	Categoría de riesgo NOM059	CITES	IUCN	RE	AP
Asparagaceae	*Agave*	*Agave maximiliana*	Maguey lechuguilla	Cactácea y/o rosetófilas	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Opiliaceae	*Agonandra*	*Agonandra racemosa*	Chililló	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Asteraceae	*Ambrosia*	*Ambrosia artemisiifolia*	Altamisa	Hierba	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Annonaceae	*Annona*	*Annona longiflora*	Chirimoya de Cerro	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Arundo*	*Arundo donax*	Carrizillo	Hierba	Exótica-Invasora	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Araliaceae	*Aralia*	*Aralia humilis*	Aralia	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Apocynaceae	*Asclepias*	*Asclepias linaria*	Pinillo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Lamiaceae	*Asterohyptis*	*Asterohyptis stellulata*	Cordón de san Antonio	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Asteraceae	*Baccharis*	*Baccharis pteronioides*	Caracatua	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Asteraceae	*Barkleyanthus*	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Rubiaceae	*Bouvardia*	*Bouvardia multiflora*	Aretillo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Malpighiaceae	*Bunchosia*	*Bunchosia palmeri*	Palo sapo	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Burseraceae	*Bursera*	*Bursera bipinnata*	Copal santo	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Burseraceae	*Bursera*	*Bursera fagaroides*	Torote	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Burseraceae	*Bursera*	*Bursera grandifolia*	Palo mulato	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Burseraceae	*Bursera*	*Bursera palmeri*	Copalillo	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Burseraceae	*Bursera*	*Bursera penicillata*	Aceitillo	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Rutaceae	*Casimiroa*	*Casimiroa edulis*	Zapote blanco	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Malvaceae	*Ceiba*	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Cannabaceae	*Celtis*	*Celtis iguanaea*	Garabato	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Cannabaceae	*Celtis*	*Celtis laevigata*	Palo blanco	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Solanaceae	*Cestrum*	*Cestrum tomentosum*	Tinto	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Poaceae	*Cenchrus*	*Cenchrus clandestinus*	Pasto en rollo japonés	Hierba	Exótica-Invasora	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Poaceae	*Chloris*	*Chloris gayana*	Zacate de rodas	Hierba	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Asteraceae	*Chromolaena*	*Chromolaena collina*	Hierba del ángel	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Asteraceae	*Chromolaena*	*Chromolaena odorata*	Albahaquilla	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Asteraceae	*Chromolaena*	*Chromolaena pulchella*	Teyahuitle	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Cortaderia*	*Cortaderia selloana*	Pasto pampa	Hierba	Exótica-invasora	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Asteraceae	*Cosmos*	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Euphorbiaceae	*Croton*	*Croton ciliatoglandulifer*	Canelilla	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Cynodon*	*Cynodon dactylon*	Pasto gallitos	Hierba	Exótica-Invasora	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Asteraceae	*Dendroviguiera*	*Dendroviguiera quinqueradiata*	Vara blanca	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Casi amenazado (NT)	X	X
Poaceae	*Digitaria*	*Digitaria ciliaris*	Pasto pangola	Hierba	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Digitaria*	*Digitaria sanguinalis*	Pasto pata de gallo	Hierba	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Dinebra*	*Dinebra panicea*	Pasto cola de zorro	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Echinochloa*	*Echinochloa colona*	Arroz de monte	Hierba	Exótica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Asteraceae	*Eclipta*	*Eclipta prostrata*	Zarzaparrilla	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Eysenhardtia*	*Eysenhardtia polystachya*	Palo dulce	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Oleaceae	*Forestiera*	*Forestiera phillyreoides*	Granjeno acebuche	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Oleaceae	*Fraxinus*	*Fraxinus uhdei*	Fresno	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Malvaceae	*Guazuma*	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Lythraceae	*Heimia*	*Heimia salicifolia*	Escoba de arroyo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Malvaceae	*Heliocarpus*	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Cicuito	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea intrapilosa*	Palo blanco	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea stans*	Tumba vaquero	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Bignoniaceae	*Jacaranda*	*Jacaranda mimosifolia*	Jacaranda	Árbol	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Verbenaceae	*Lantana*	*Lantana camara*	Cinco negritos	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Verbenaceae	*Lantana*	*Lantana hirta*	Orégano de monte	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Verbenaceae	*Lantana*	*Lantana horrida*	Cinco negritos	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Brassicaceae	*Lepidium*	*Lepidium virginicum*	Lentejilla de campo	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Fabaceae	*Leucaena*	*Leucaena esculenta*	Guaje rojo	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Verbenaceae	*Lippia*	*Lippia umbellata*	Hierba dulce	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Lysiloma*	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X

CONSULTA PÚBLICA





Familia	Género	Especie	Nombre común	Forma de vida	Distribución	Categoría de riesgo NOM059	CITES	IUCN	RE	AP
Fabaceae	*Lysiloma*	*Lysiloma divaricatum*	Mauto	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Apocynaceae	*Mandevilla*	*Mandevilla foliosa*	Hierba de la cucaracha	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Martyniaceae	*Martynia*	*Martynia annua*	Uña de gato	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Asteraceae	*Milleria*	*Milleria quinqueflora*	Escobilla	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Fabaceae	*Mimosa*	*Mimosa aculeaticarpa*	Gatuño	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Nyctaginaceae	*Mirabilis*	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Asteraceae	*Montanoa*	*Montanoa grandiflora*	Acahual	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Asteraceae	*Montanoa*	*Montanoa leucantha*	Talacao	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Neltuma*	*Neltuma laevigata*	Mezquite	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Solanaceae	*Nicandra*	*Nicandra physalodes*	Belladona americana	Arbusto	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Cactaceae	*Nyctocereus*	*Nyctocereus serpentinus*	Cactus gigante	Cactácea y/o rosetófilas	Endémica	Sin registro	Apéndice II	Preocupación menor (LC)	X	X
Poaceae	*Oplismenus*	*Oplismenus burmannii*	Pasto africano de canasta	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Cactácea y/o rosetófilas	Nativa	Sin registro	Apéndice II	Datos insuficientes (DD)	X	X
Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia hyptiacantha*	Nopal cascarón	Cactácea y/o rosetófilas	Endémica	Sin registro	Apéndice II	Preocupación menor (LC)	X	X
Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Cactácea y/o rosetófilas	Endémica	Sin registro	Apéndice II	Preocupación menor (LC)	X	X
Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia tomentosa*	Nopal chamacuelo	Cactácea y/o rosetófilas	Nativa	Sin registro	Apéndice II	Preocupación menor (LC)	X	X
Poaceae	*Paspalum*	*Paspalum denticulatum*	Camalote pálido	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Paspalum*	*Paspalum paniculatum*	Pasto camalote	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Poaceae	*Paspalum*	*Paspalum pubiflorum*	Camalote velludo	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Solanaceae	*Physalis*	*Physalis nicandroides*	Matapulgas	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Phytolaccaceae	*Phytolacca*	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Fabaceae	*Pithecellobium*	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Fagaceae	*Quercus*	*Quercus castanea*	Encino capulincillo	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fagaceae	*Quercus*	*Quercus eduardii*	Encino manzana	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fagaceae	*Quercus*	*Quercus obtusata*	Encino blanco	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fagaceae	*Quercus*	*Quercus resinosa*	Roble	Árbol	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Euphorbiaceae	*Ricinus*	*Ricinus communis*	Higuerilla	Arbusto	Exótica-Invasora	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Asteraceae	*Roldana*	*Roldana heracleifolia*	Hierba de burro	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Acanthaceae	*Ruellia*	*Ruellia lactea*	Hierba	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Salicaceae	*Salix*	*Salix bonplandiana*	Sauce	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia longispicata*	Mirto	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Fabaceae	*Sesbania*	*Sesbania herbacea*	Cañamo de río	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Poaceae	*Setaria*	*Setaria adhaerens*	Cadillo	Hierba	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Malvaceae	*Sida*	*Sida rhombifolia*	Tlalamate	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Solanaceae	*Solanum*	*Solanum pseudocapsicum*	Collar de reina	Arbusto	Exótica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Solanaceae	*Solanum*	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Solanaceae	*Solanum*	*Solanum tectum*	Abrojo peludo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Solanaceae	*Solanum*	*Solanum umbellatum*	Barba de chivo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Poaceae	*Stenotaphrum*	*Stenotaphrum secundatum*	Gramilla de san Agustín	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Asteraceae	*Stevia*	*Stevia ovata*	Hierba dulce	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Asteraceae	*Stevia*	*Stevia serrata*	Burrillo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Asteraceae	*Tagetes*	*Tagetes filifolia*	Anicillo	Hierba	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	
Asteraceae	*Tagetes*	*Tagetes lucida*	Pericón	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Cupressaceae	*Taxodium*	*Taxodium mucronatum*	Ahuehuete	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Bromeliaceae	*Tillandsia*	*Tillandsia juncea*	Magueyito	Epífitas y/o trepadoras	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Bromeliaceae	*Tillandsia*	*Tillandsia recurvata*	Gallinita	Epífitas y/o trepadoras	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Vachellia*	*Vachellia farnesiana*	Huizache	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Vachellia*	*Vachellia pennatula*	Algarrobo	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Vachellia*	*Vachellia schaffneri*	Huizache negro	Árbol	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Verbenaceae	*Verbena*	*Verbena carolina*	Verbena del perro	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X
Fabaceae	*Verbesina*	*Verbesina fastigiata*	Árnica de la costa	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Fabaceae	*Verbesina*	*Verbesina sphaerocephala*	Vara de agua	Arbusto	Endémica	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	X
Salicaceae	*Xylosma*	*Xylosma flexuosa*	Granadillo	Arbusto	Nativa	Sin registro	Sin registro	Preocupación menor (LC)	X	
Asteraceae	*Zinnia*	*Zinnia zinnioides*	Zinnia	Hierba	Endémica	Sin registro	Sin registro	Sin registro	X	X

CONSULTA PÚBLICA





Eysenhardtia polystachya



Heliocarpus terebinthinaceus



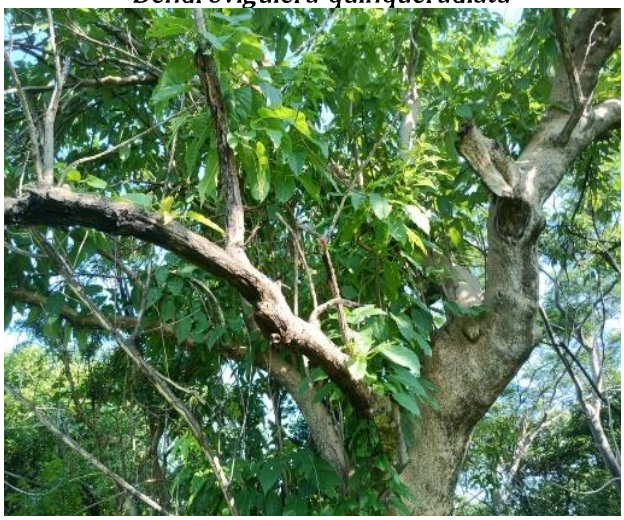
Bursera bipinnata



Dendroviguiera quinqueradiata



Quercus resinosa



Ipomoea intrapilosa

Figura III.148. Algunas especies de árboles registrados en la RE y AP (1). Elaboración propia.

CONSULTA



Taxodium mucronatum



Pithecellobium dulce



Agonandra racemosa



Vachellia schafnerii



Fraxinus uhdei



Quercus castanea

Figura III.149. Algunas especies de árboles registradas en la RE y AP (2). Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



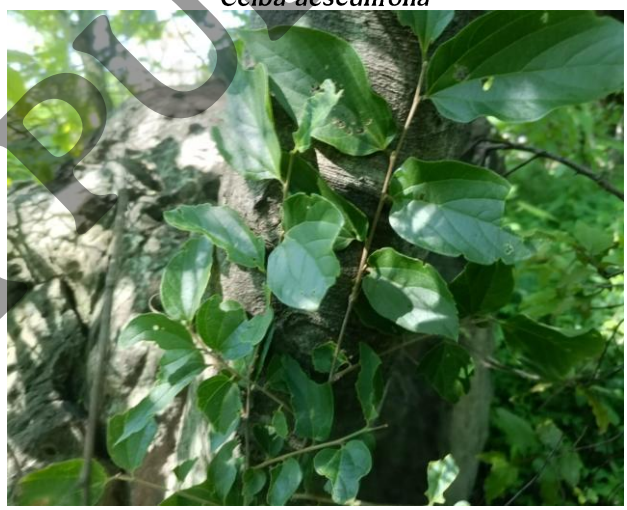
Leucaena esculenta



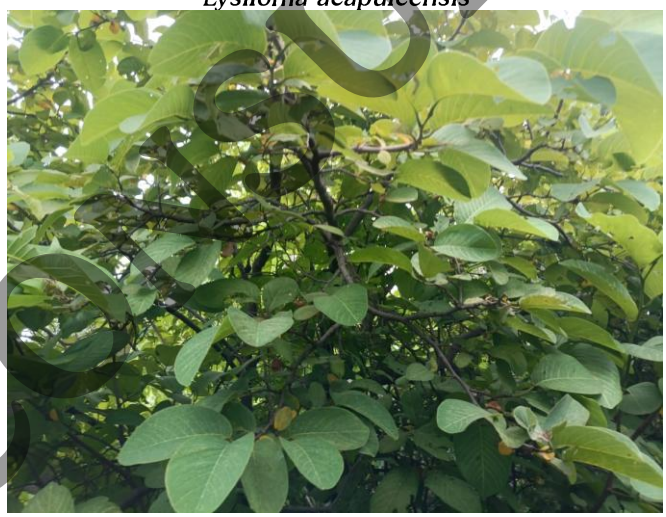
Ceiba aesculifolia



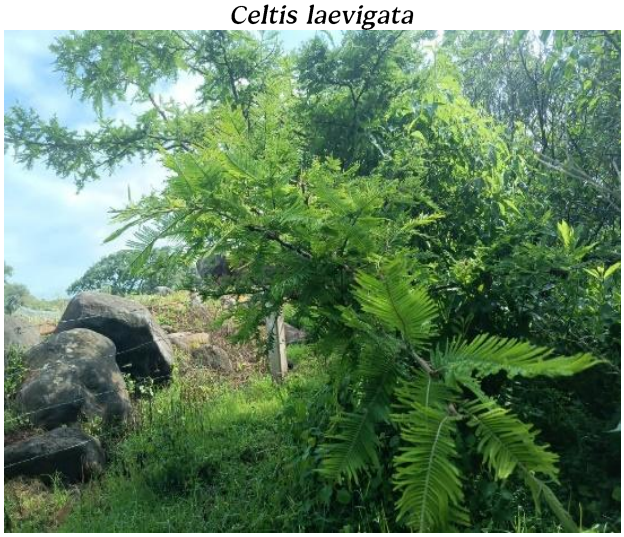
Lysiloma acapulcensis



Celtis laevigata



Annona longiflora



Vachellia pennatula

Figura III.150. Algunas especies de árboles registradas en la RE y AP (3). Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



Xylosma flexuosa



Ricinus communis



Phytolacca icosandra



Bunchosia palmeri



Mandevilla foliosa



Verbesina sphaerocephala

Figura III.151. Algunas especies de arbustos registradas en la RE y AP (1). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Martynia annua



Milleria quinqueflora



Solanum umbellatum



Nicandra physalodes



Verbesina fastigiata



Lantana camara

Figura III.152. Algunas especies de arbustos registradas en la RE y AP (2). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Oplismenus burmannii



Eclipta postrata



Verbena carolina



Zinnia zinnioides



Echinochloa colona



Paspalum paniculatum

Figura III.153. Algunas especies de hierbas registradas en la RE y AP. Elaboración propia.

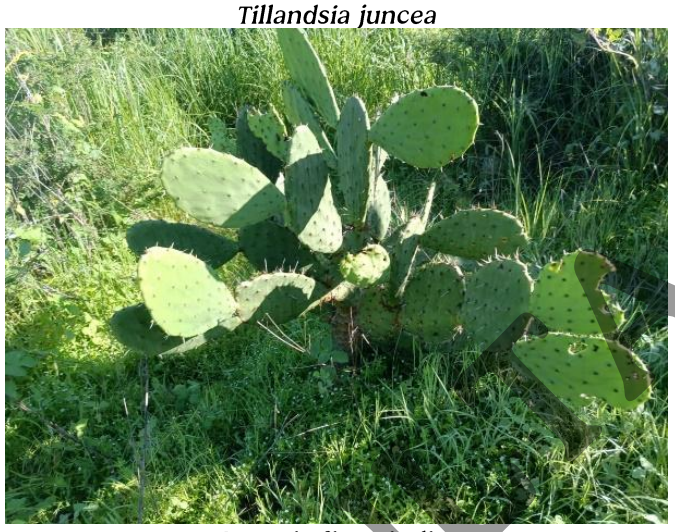
CONSULTA PÚBLICA



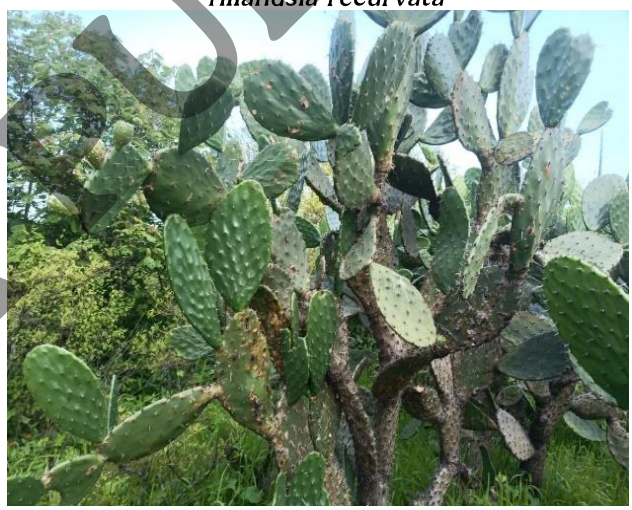
Tillandsia juncea



Tillandsia recurvata



Opuntia ficus-indica



Opuntia tomentosa



Agave maximiliana



Opuntia hyptiacantha

Figura III.154. Algunas especies de epífitas y/o trepadoras, cactáceas y/o rosetófilas registradas en la RE y AP. Elaboración propia.

- **Patrones de abundancia y densidad**

Respecto a las abundancias por forma de vida, se determinó que, en el caso de los árboles, las densidades (entendidas como individuos por hectárea o ind/ha) fueron muy similares con ya que para la Región Ecológica (RE) fueron 1,100 ind/ha y para el Área del Proyecto (AP) se reportaron 1,174 ind/ha. Para los arbustos, dentro de la RE se registraron 6,200 ind/ha y para el AP fueron 4,499 ind/ha, siendo aproximadamente un 30 % menos los individuos reportados dentro de esta última zona.

Por parte de las cactáceas y/o rosetófilas, dentro de la RE se registraron 93 ind/ha y para el AP fueron 108 ind/ha. Para las epífitas y/o trepadoras se reportaron 477 ind/ha dentro de la RE y 570 ind/ha para el AP. Por último, dentro de la RE se registraron 15,924 ind/ha de hierbas, mientras que para el AP fueron 22,935 ind/ha.

Tabla III.128. Abundancias y densidades por forma de vida registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Formas de vida	Riqueza (S)		Abundancia		Individuos por hectárea (ind/ha)	
	Región Ecológica (RE)	Área de Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área de Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área de Proyecto (AP)
Árbol	34	28	1,318	1,280	1,110	1,174
Arbusto	44	27	1,484	987	6,200	4,499
Cactácea y/o rosetófila	6	5	107	115	93	108
Epífitas y/o trepadoras	2	2	572	626	477	570
Hierbas	22	14	611	807	15,924	22,935

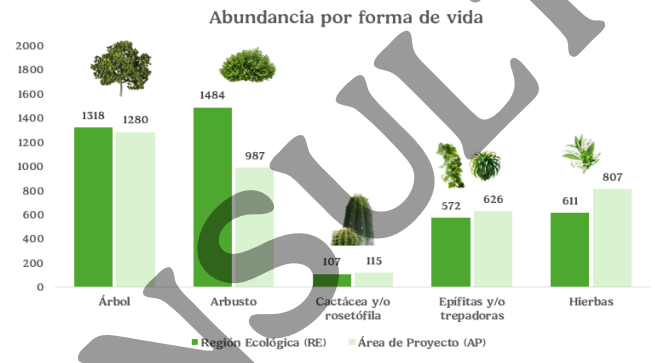


Figura III.155. Abundancias por forma de vida de las especies registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

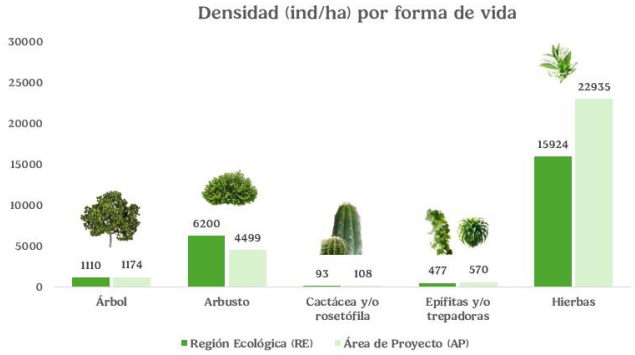


Figura III.156. Densidades (ind/ha) por forma de vida de las especies registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

A continuación, se presentan las descripciones de las abundancias y densidades por forma de vida de las especies registradas dentro de la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP):

CONSULTA PÚBLICA



Árboles

Como se mencionó anteriormente, dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 34 especies de árboles, mientras que para el Área del Proyecto (AP) solo se registraron 28. Para la RE, las especies más abundantes dentro de los sitios de muestreo fueron *Vachellia farnesiana* con 380 ind/ha, *Eysenhardtia polystachya* con 264 ind/ha, *Heliocarpus terebinthinaceus* con 99 ind/ha, *Quercus resinosa* con 70 ind/ha y *Forestiera phillyreoides* con 56 ind/ha.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), de los 28 árboles registrados, las especies más abundantes para esta zona de análisis fueron *E. polystachya* con 402 ind/ha, *V. farnesiana* con 302 ind/ha, *H. terebinthinaceus* con 98 ind/ha, *F. phillyreoides* con 75 ind/ha y *V. schaffneri* con 50 ind/ha.

Tabla III.129. Comparación de las abundancias y densidades por especie de árbol registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riqueza			Región Ecológica (RE)		Área de Proyecto (AP)	
Forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)
Árbol	*Agonandra racemosa*	Chililló	4	4	0	0
Árbol	*Annona longiflora*	Chirimoya de Cerro	27	23	34	31
Árbol	*Aralia humilis*	Aralia	9	8	0	0
Árbol	*Bursera bipinnata*	Copal santo	23	20	19	18
Árbol	*Bursera fagaroides*	Torote	2	2	22	20
Árbol	*Bursera grandifolia*	Palo mulato	8	7	7	7
Árbol	*Bursera palmeri*	Copalillo	13	11	13	12
Árbol	*Bursera penicillata*	Aceitillo	1	1	1	1
Árbol	*Casimiroa edulis*	Zapote blanco	1	1	12	11
Árbol	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	2	2	2	2
Árbol	*Celtis iguanaea*	Garabato	2	2	4	4
Árbol	*Celtis laevigata*	Palo blanco	1	1	0	0
Árbol	*Dendroviguiera quinqueradiata*	Vara blanca	4	4	41	38
Árbol	*Eysenhardtia polystachya*	Palo dulce	316	264	442	402
Árbol	*Forestiera phillyreoides*	Granjeno acebuche	67	56	82	75
Árbol	*Fraxinus uhdei*	Fresno	1	1	0	0
Árbol	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	9	8	1	1
Árbol	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Cicuito	118	99	107	98
Árbol	*Ipomoea intrapilosa*	Palo blanco	30	25	14	13
Árbol	*Jacaranda mimosifolia*	Jacaranda	4	4	5	5
Árbol	*Leucaena esculenta*	Guaje rojo	3	3	10	10
Árbol	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	28	24	17	16
Árbol	*Lysiloma divaricatum*	Mauto	1	1	1	1
Árbol	*Neltuma laevigata*	Mezquite	7	6	0	0
Árbol	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	1	1	0	0
Árbol	*Quercus castanea*	Encino capulincillo	6	5	0	0
Árbol	*Quercus eduardii*	Encino manzana	1	1	1	1
Árbol	*Quercus obtusata*	Encino blanco	1	1	1	1
Árbol	*Quercus resinosa*	Roble	84	70	4	4
Árbol	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	1	9	9
Árbol	*Taxodium mucronatum*	Ahuehuete	7	6	6	6
Árbol	*Vachellia farnesiana*	Huizache	455	380	332	302
Árbol	*Vachellia pennatula*	Algarrobo	48	40	39	36
Árbol	*Vachellia schaffneri*	Huizache negro	33	28	54	50
Totales			**1318**	**1110**	**1280**	**1174**

CONSULTA PÚBLICA





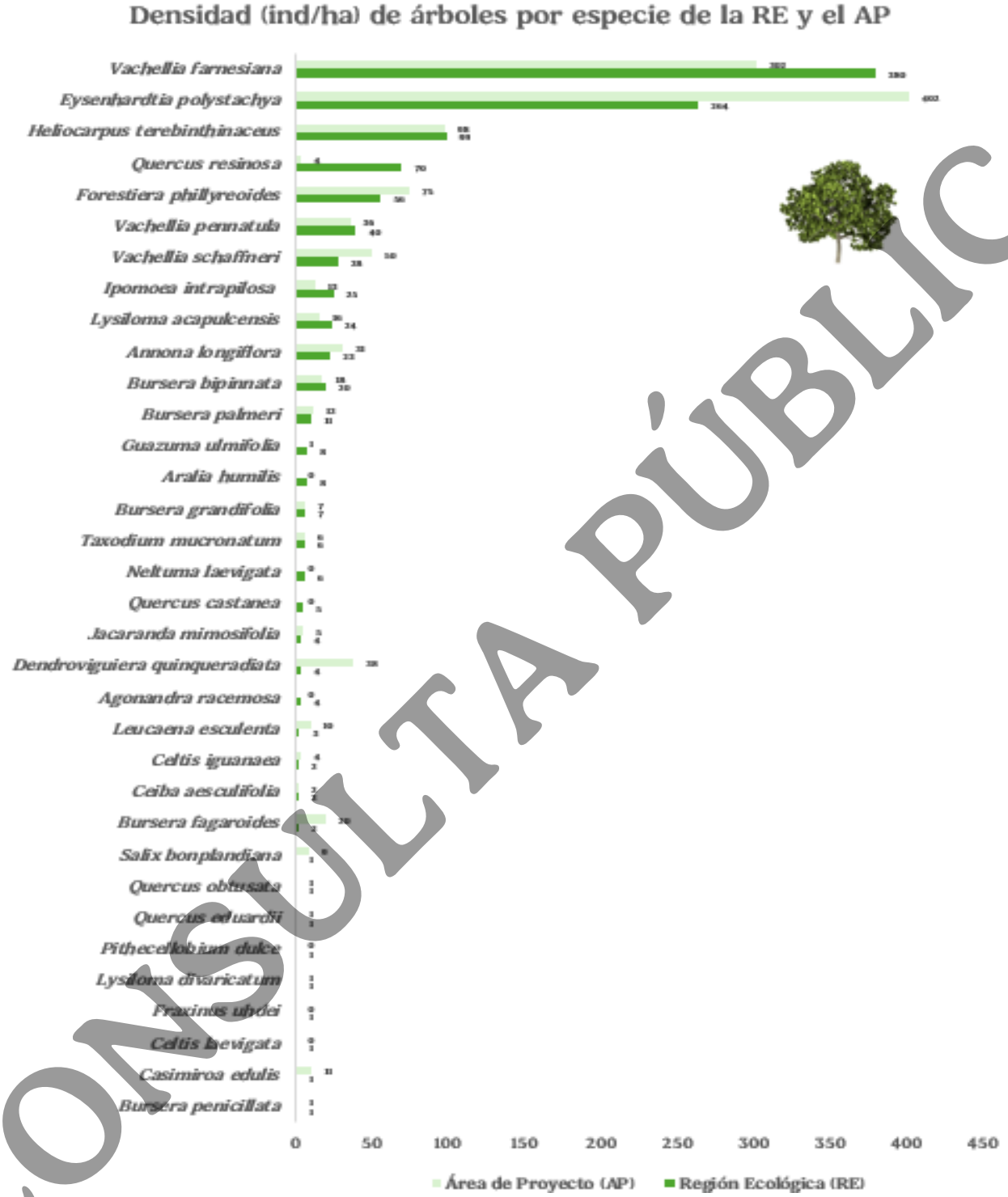


Figura III.157. Comparación de las abundancias y densidades por especie de árbol registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

-

CONSULTA PÚBLICA



Arbustos

Dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 44 especies de arbustos, mientras que para el Área del Proyecto (AP) solo se registraron 27. Para la RE, las especies más abundantes dentro de los sitios de muestreo fueron *Milleria quinqueflora* con 1,130 ind/ha, *Montanoa leucantha* con 846 ind/ha, *Verbesina sphaerocephala* con 534 ind/ha, *Lantana hirta* con 434 ind/ha y *Tagetes lucida* con 330 ind/ha.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), de los 27 arbustos registrados, las especies más abundantes para esta zona de análisis fueron *M. quinqueflora* con 1,287 ind/ha, *V. sphaerocephala* con 437 ind/ha, *L. hirta* con 387 ind/ha, *T. lucida* con 255 ind/ha y *Lantana horrida* con 246 ind/ha.

Tabla III.130. Comparación de las abundancias y densidades por especie de arbustos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riqueza			Región Ecológica (RE)		Área de Proyecto (AP)	
Forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)
Arbusto	*Asclepias linaria*	Pinillo	4	17	0	0
Arbusto	*Asterohyptis stellulata*	Cordón de san Antonio	24	100	41	187
Arbusto	*Baccharis pteronioides*	Caracatua	4	17	0	0
Arbusto	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	3	13	0	0
Arbusto	*Bouvardia multiflora*	Aretillo	75	313	30	137
Arbusto	*Bunchosia palmeri*	Palo sapo	18	75	0	0
Arbusto	*Cestrum tomentosum*	Tinto	10	42	0	0
Arbusto	*Chromolaena collina*	Hierba del ángel	21	88	30	137
Arbusto	*Chromolaena odorata*	Albahaquilla	15	63	0	0
Arbusto	*Chromolaena pulchella*	Teyahuitle	13	55	20	91
Arbusto	*Croton ciliatoglandulifer*	Canelilla	16	67	16	73
Arbusto	*Heimia salicifolia*	Escoba de arroyo	4	17	8	37
Arbusto	*Ipomoea stans*	Tumba vaquero	10	42	0	0
Arbusto	*Lantana camara*	Cinco negritos	14	59	0	0
Arbusto	*Lantana hirta*	Orégano de monte	104	434	85	387
Arbusto	*Lantana horrida*	Cinco negritos	36	150	54	246
Arbusto	*Lippia umbellata*	Hierba dulce	6	25	29	132
Arbusto	*Mandevilla foliosa*	Hierba de la cucaracha	8	34	0	0
Arbusto	*Martynia annua*	Uña de gato	16	67	60	273
Arbusto	*Milleria quinqueflora*	Escobilla	271	1130	283	1287
Arbusto	*Mimosa aculeaticarpa*	Gatuño	5	21	2	10
Arbusto	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	55	230	6	28
Arbusto	*Montanoa grandiflora*	Acahual	14	59	25	114
Arbusto	*Montanoa leucantha*	Talacao	203	846	35	160
Arbusto	*Nicandra physalodes*	Belladona americana	20	84	20	91
Arbusto	*Physalis nicandroides*	Matapulgas	19	80	1	5
Arbusto	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	12	50	0	0
Arbusto	*Ricinus communis*	Higuerilla	18	75	10	46
Arbusto	*Roldana heracleifolia*	Hierba de burro	6	25	29	132
Arbusto	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	18	75	9	41
Arbusto	*Salvia longispicata*	Mirto	45	188	18	82
Arbusto	*Sesbania herbacea*	Cañamo de río	6	25	6	28
Arbusto	*Sida rhombifolia*	Tlalamate	8	34	0	0
Arbusto	*Solanum pseudocapsicum*	Collar de reina	5	21	0	0
Arbusto	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	35	146	0	0
Arbusto	*Solanum tectum*	Abrojo peludo	4	17	0	0
Arbusto	*Solanum umbellatum*	Barba de chivo	5	21	5	23
Arbusto	*Stevia ovata*	Hierba dulce	10	42	0	0
Arbusto	*Stevia serrata*	Burrillo	75	313	0	0
Arbusto	*Tagetes lucida*	Pericón	79	330	56	255
Arbusto	*Verbena carolina*	Verbena del perro	4	17	4	19
Arbusto	*Verbesina fastigiata*	Árnica de la costa	15	63	9	41
Arbusto	*Verbesina sphaerocephala*	Vara de agua	128	534	96	437
Arbusto	*Xylosma flexuosa*	Granadillo	23	96	0	0
Totales			1484	6200	987	4499

CONSULTA PÚBLICA



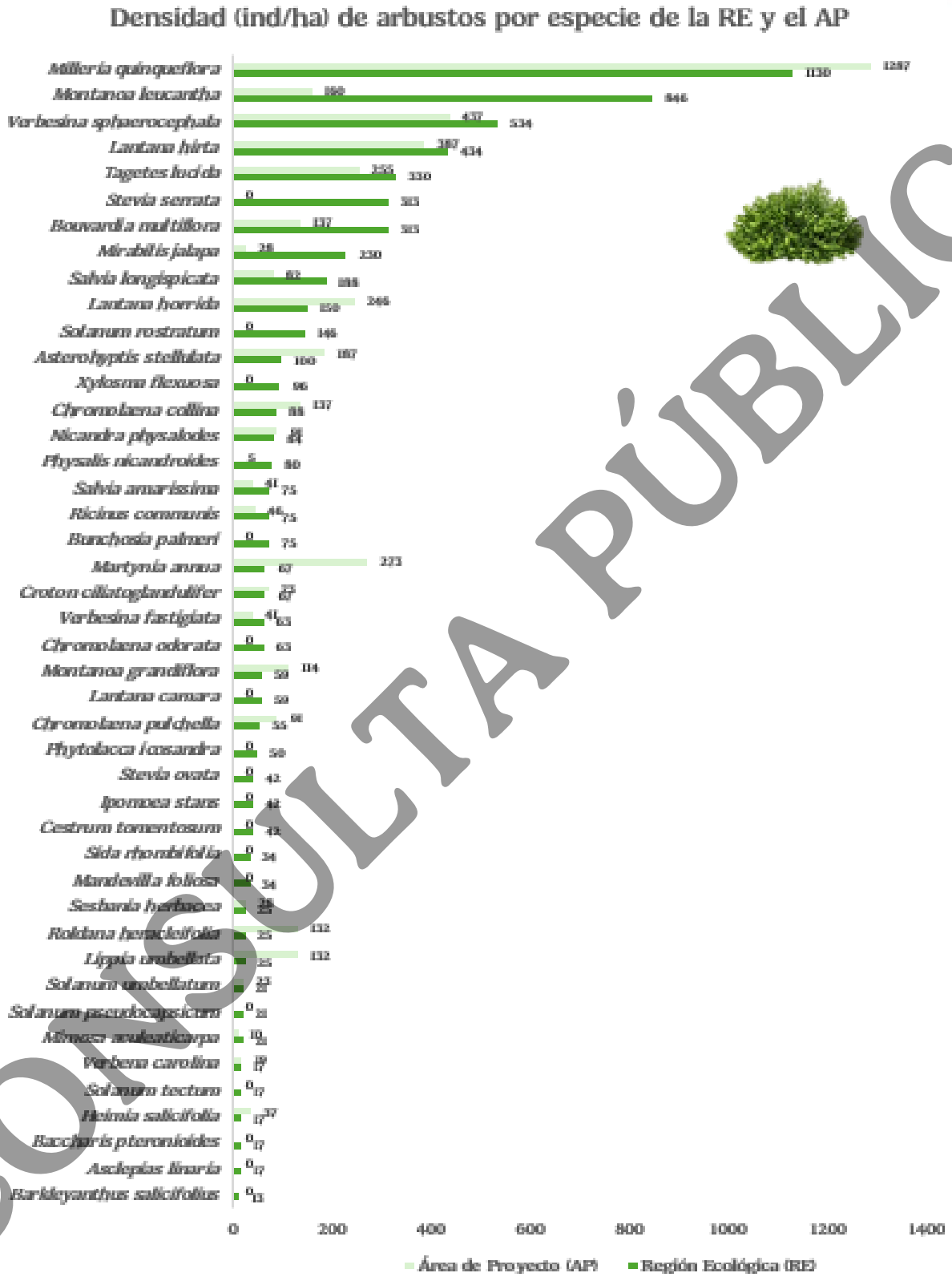


Figura III.158. Comparación de las abundancias y densidades por especie de arbustos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Cactáceas y/o rosetófilas

Dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 6 especies de cactáceas y/o rosetófilas, mientras que para el Área del Proyecto (AP) sólo se registraron 5 de estas. Para la RE, las especies más abundantes dentro de los sitios de muestreo fueron *Opuntia tomentosa* con 40 ind/ha, *O. hyptiacantha* con 18 ind/ha y *O. lasiacantha* con 12 ind/ha.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), de los 5 cactáceas y/o rosetófilas registrados, las especies más abundantes para esta zona de análisis fueron *O. tomentosa* con 43 ind/ha, *O. hyptiacantha* con 30 ind/ha y *O. ficus-indica* con 19 ind/ha.

Tabla III.131. Comparación de las abundancias y densidades por especie de cactáceas y/o rosetófilas registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riqueza			Región Ecológica (RE)		Área de Proyecto (AP)	
Forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)
Cactácea y/o rosetófilas	*Agave maximiliana*	Maguey lechuguilla	4	4	0	0
Cactácea y/o rosetófilas	*Nyctocereus serpentinus*	Cactus gigante	10	9	8	8
Cactácea y/o rosetófilas	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	11	10	20	19
Cactácea y/o rosetófilas	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	14	12	8	8
Cactácea y/o rosetófilas	*Opuntia hyptiacantha*	Nopal cascarón	21	18	32	30
Cactácea y/o rosetófilas	*Opuntia tomentosa*	Nopal chamacuelo	47	40	47	43
Totales			**107**	**93**	**115**	**108**

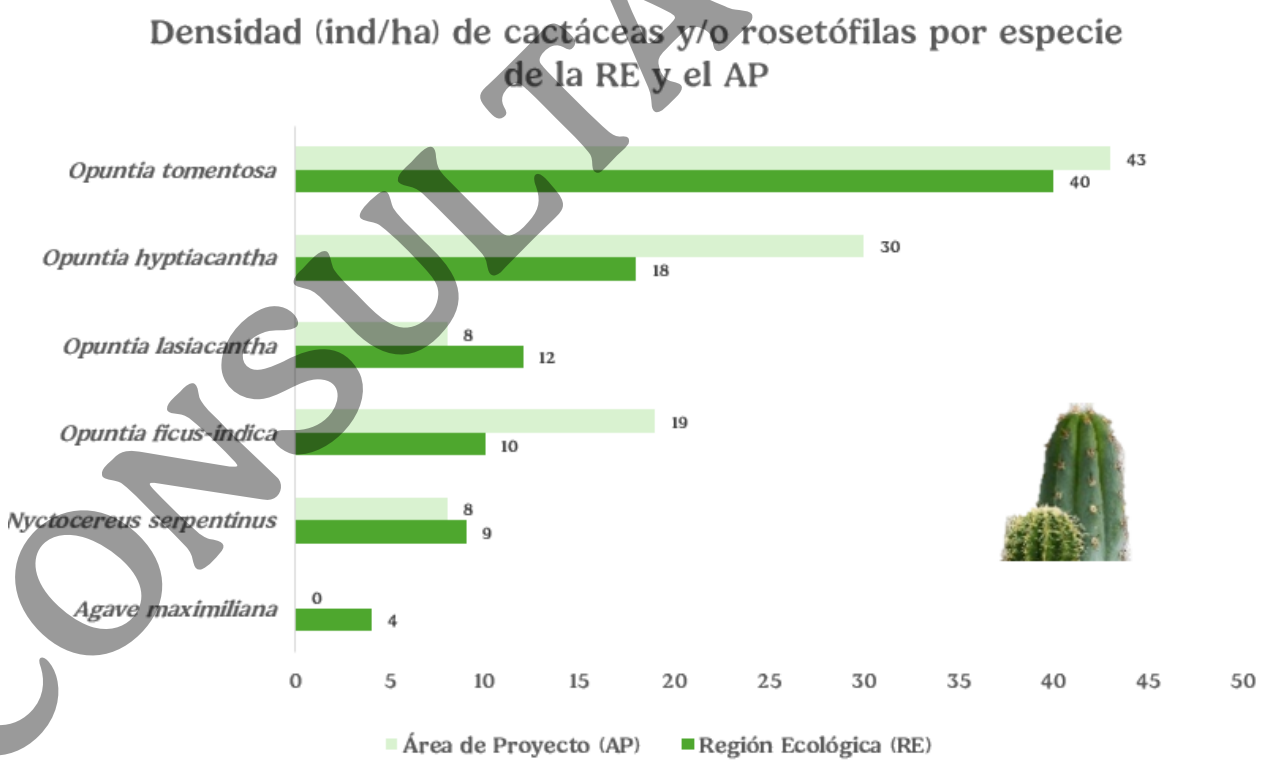


Figura III.159. Comparación de las abundancias y densidades por especie de cactáceas y/o rosetófilas registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Epífitas y/o trepadoras

Dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 2 especies de epífitas y/o trepadoras, mientras que para el Área del Proyecto (AP) también sólo fueron 2 especies. Para la RE, las abundancias registradas dentro de los sitios de muestreo fueron de *Tillandsia recurvata* con 467 ind/ha y *T. juncea* con 10 ind/ha.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), las abundancias fueron para *T. recurvata* con 620 ind/ha y *T. juncea* con 6 ind/ha.

Tabla III.132. Comparación de las abundancias y densidades por especie de epífitas y/o trepadoras registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riqueza			Región Ecológica (RE)		Área de Proyecto (AP)	
Forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)
Epífitas y/o trepadoras	*Tillandsia juncea*	Magueyito	12	10	6	6
Epífitas y/o trepadoras	*Tillandsia recurvata*	Gallinita	560	467	620	564
Totales			**572**	**477**	**626**	**570**



Figura III.160. Comparación de las abundancias y densidades por especie de epífitas y/o trepadoras registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Hierbas

Dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 22 especies de hierbas, mientras que para el Área del Proyecto (AP) solo se registraron 14. Para la RE, las especies más abundantes dentro de los sitios de muestreo fueron *Oplismenus burmannii* con 3,230 ind/ha, *Digitaria sanguinalis* con 3,125 ind/ha, *Paspalum paniculatum* con 1,537 ind/ha, *Stenotaphrum secundatum* con 1,329 ind/ha y *Dinebra panicea* con 912 ind/ha.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), de las 14 hierbas registradas, las especies más abundantes para esta zona de análisis fueron *O. burmannii* con 6,336 ind/ha, *Cynodon dactylon* con 3,268 ind/ha, *Chloris gayana* con 2,898 ind/ha, *D. sanguinalis* con 2,387 ind/ha y *Echinochloa colona* con 1,563 ind/ha.

Tabla III.133. Comparación de las abundancias y densidades por especie de hierbas registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Riqueza			Región Ecológica (RE)		Área de Proyecto (AP)	
Forma de vida	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)	Abundancia	Individuos por hectárea (ind/ha)
Hierba	*Ambrosia artemisiifolia*	Altamisa	1	27	0	0
Hierba	*Arundo donax*	Carrizillo	13	339	40	1137
Hierba	*Cenchrus clandestinus*	Pasto en rollo japonés	10	261	45	1279
Hierba	*Chloris gayana*	Zacate de rodas	10	261	102	2898
Hierba	*Cortaderia selloana*	Pasto pampa	15	391	0	0
Hierba	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	5	131	0	0
Hierba	*Cynodon dactylon*	Pasto gallitos	3	79	115	3268
Hierba	*Digitaria ciliaris*	Pasto pangola	19	495	48	1364
Hierba	*Digitaria sanguinalis*	Pasto pata de gallo	120	3125	84	2387
Hierba	*Dinebra panicea*	Pasto cola de zorro	35	912	20	569
Hierba	*Echinochloa colona*	Arroz de monte	28	730	55	1563
Hierba	*Eclipta prostrata*	Zarzaparrilla	3	79	3	86
Hierba	*Lepidium virginicum*	Lentejilla de campo	10	261	0	0
Hierba	*Oplismenus burmannii*	Pasto africano de canasta	124	3230	223	6336
Hierba	*Paspalum denticulatum*	Camalote pálido	20	521	20	569
Hierba	*Paspalum paniculatum*	Pasto camalote	59	1537	0	0
Hierba	*Paspalum pubiflorum*	Camalote velludo	15	391	0	0
Hierba	*Ruellia lactea*	Hierba	21	547	18	512
Hierba	*Setaria adhaerens*	Cadillo	4	105	4	114
Hierba	*Stenotaphrum secundatum*	Gramilla de san Agustín	51	1329	0	0
Hierba	*Tagetes filifolia*	Anicillo	15	391	0	0
Hierba	*Zinnia zinnioides*	Zinnia	30	782	30	853
Totales			611	15924	807	22935

CONSULTA PÚBLICA



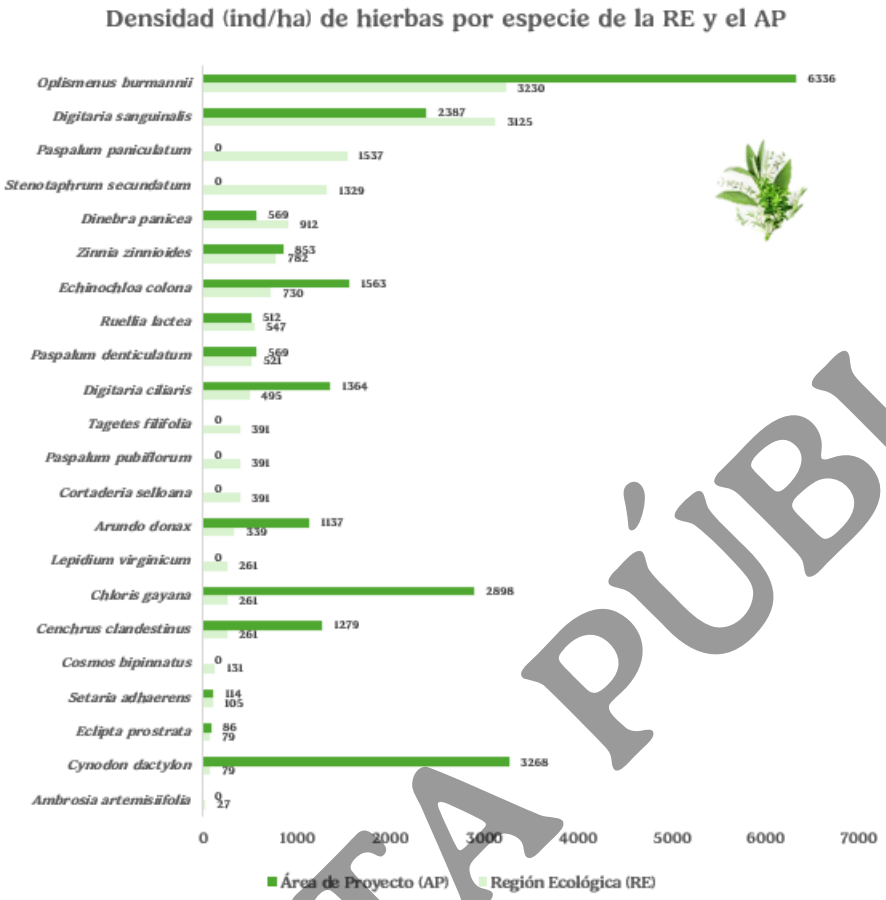


Figura III.161. Comparación de las abundancias y densidades por especie de arbustos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

- **Patrones de biodiversidad**

Referente a los índices de biodiversidad empleados, de acuerdo con el Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener (H′) (que mide la biodiversidad a través de la equitatividad entre las abundancias de las especies registradas), dentro de la Región Ecológica (RE) tanto los árboles (H′= 2.180), los arbustos (H′= 3.047) y las hierbas (H′= 2.558) presentaron valores que indican una biodiversidad media, mientras que las cactáceas y/o rosetófilas (H′= 1.546) y las epífitas y/o trepadoras (H′= 0.102) presentaron valores que indican una biodiversidad baja. En tanto, al aplicar el Índice de Biodiversidad Máxima de Shannon-Wiener (H′max), tanto los árboles (H′max= 3.526) como los arbustos (H′max= 3.784) pueden alcanzar una biodiversidad alta, mientras que el resto de los estratos mantendrían sus grados de biodiversidad: las hierbas se mantendrían como media (H′= 2.180), y tanto las cactáceas y/o rosetófilas (H′max= 1.792) y las epífitas y/o trepadoras (H′max= 0.693) como grados de biodiversidad bajos.

Para el caso del Área del Proyecto, se registró un patrón similar en donde los árboles, los arbustos y las hierbas presentaron grados de biodiversidad considerados como medios conforme al resultado del estimador (H′= 2.118, 2.655 y 2.229, respectivamente). En tanto, al

CONSULTA PÚBLICA



aplicar el Índice de Biodiversidad Máxima de Shannon-Wiener (H'max), tanto los árboles (H'max= 3.332) como los arbustos (H'max= 3.296) y las hierbas (H'max= 2.639) mantendrían su grado de biodiversidad considerad como medio, y tanto las cactáceas y/o rosetófilas como las epífitas y/o trepadoras mantendrían sus valores de biodiversidad como bajos (H'max= 1.609 y 0.693, respectivamente).

También se destaca que, a través de este índice, se determinó que la biodiversidad fue mayor dentro la Región Ecológica (RE) que en el Área del Proyecto (AP), aunque compartiendo los mismos grados de biodiversidad.

Tabla III.134. Comparación del Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener (H') por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia.

Forma de vida	Índice de Shannon-Wiener (H') RE	Grado de biodiversidad	Índice de Shannon-Wiener (H') AP	Grado de biodiversidad	Máximo de Índice de Shannon-Wiener (H'max) RE	Grado de biodiversidad	Máximo de Índice de Shannon-Wiener (H'max) AP	Grado de biodiversidad
Árbol	2.180	Media	2.118	Media	3.526	Alta	3.332	Media
Arbusto	3.047	Media	2.655	Media	3.784	Alta	3.296	Media
Cactácea y/o rosetófila	1.546	Baja	1.414	Baja	1.792	Baja	1.609	Baja
Epífita y/o trepadora	0.102	Baja	0.058	Baja	0.693	Baja	0.693	Baja
Hierba	2.558	Media	2.229	Media	3.091	Media	2.639	Media

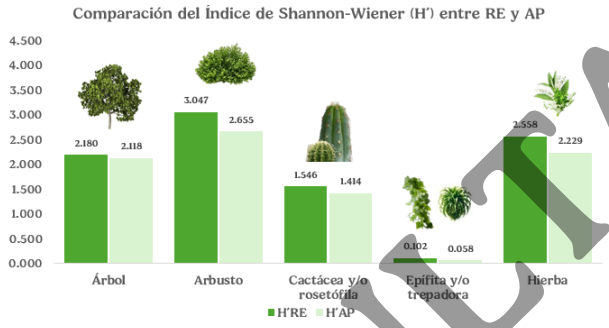


Figura III.162. Comparación del Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener (H') por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia.

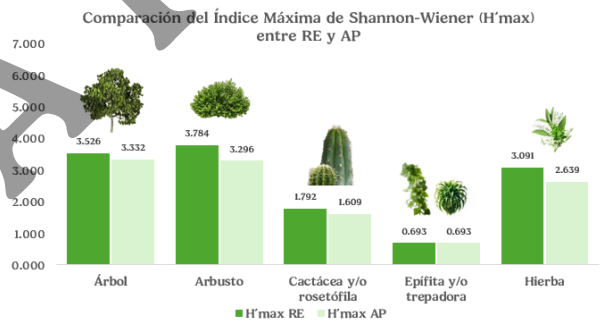


Figura III.163. Comparación del Índice de Biodiversidad Máxima de Shannon-Wiener (H'max) por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia.

Respecto a los resultados obtenidos a través del Índice de Simpson (λ), en el cual conforme menor ser el resultado del estimador se asume una mayor biodiversidad puesto que no se presentan especies con altas abundancias respecto a la unidad de estudio, dentro de la Región Ecológica (RE) se determinó que tanto los árboles (λ= 0.192), los arbustos (λ= 0.078) y las hierbas (λ= 0.110) presentaron una biodiversidad alta ya que las abundancias entre individuos fueron relativamente equitativas. Para las cactáceas y/o rosetófilas, se determinó un grado de biodiversidad media (λ= 0.262) puesto que algunas especies se posicionaron como más abundantes siendo estas *O. hyptiacantha* con 30 ind/ha y *O. tomentosa* con 43 ind/ha. En el caso de las epífitas y/o trepadoras, derivado a que sólo se registraron 2 especies con densidades muy dispares, el grado de biodiversidad calculado fue bajo ((λ= 0.959).

El Área del Proyecto (AP) presentó una tendencia similar en donde los árboles, arbustos y hierbas presentaron un grado de biodiversidad alto ((λ= 0.200, λ= 0.118 y λ= 0.140), las

CONSULTA PÚBLICA

cactáceas y/o rosetófilas un grado de biodiversidad medio (λ= 0.278) y las epífitas y/o trepadoras un grado de biodiversidad bajo (λ= 0.959). Otra similitud que se presentó respecto al índice de biodiversidad analizado anteriormente fue que los patrones de biodiversidad fueron mejores dentro de la Región Ecológica (RE) que dentro del Área del Proyecto (AP).

Tabla III.135. Comparación del Índice de Simpson (λ) por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia.

Forma de vida	λ RE	Grado de biodiversidad	λ AP	Grado de biodiversidad
Árbol	0.192	Alta	0.200	Alta
Arbusto	0.078	Alta	0.118	Alta
Cactácea y/o rosetófila	0.262	Media	0.278	Media
Epífita y/o trepadora	0.959	Baja	0.979	Baja
Hierba	0.110	Alta	0.140	Alta

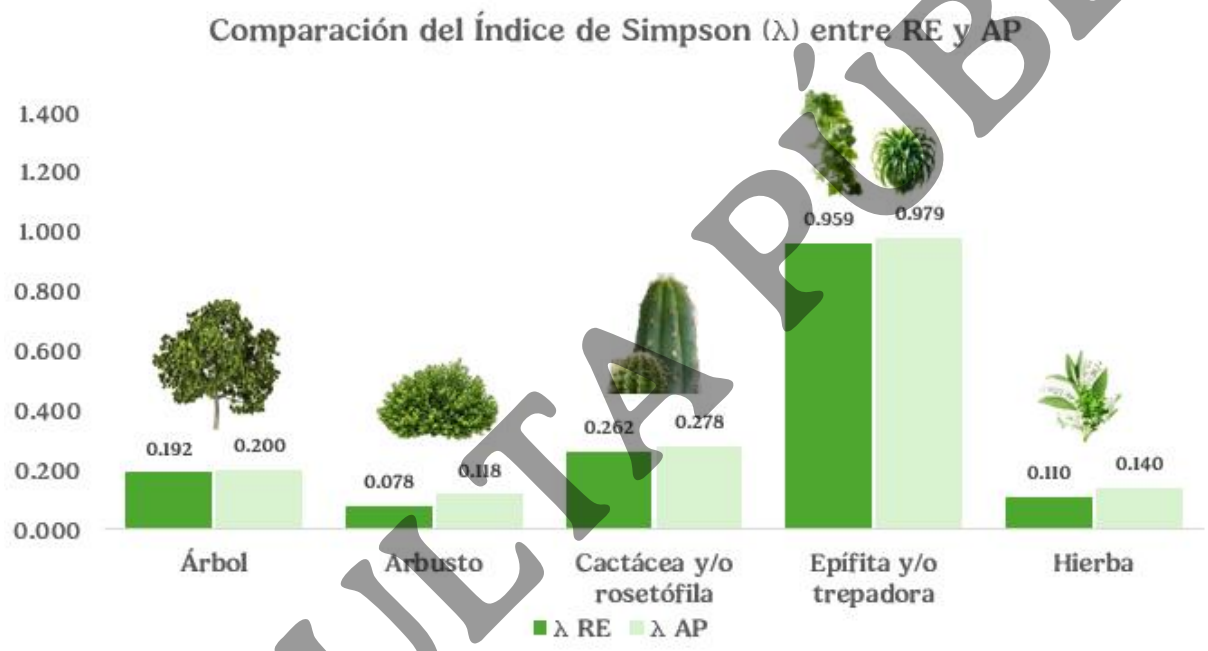


Figura III.164. Comparación del Índice de Simpson (λ) por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia.

Por parte del Índice de Equidad de Pieleu (J'), en el cual se calcula la equivalencia entre la biodiversidad estimada a través de H' y la biodiversidad máxima (H'max) que pudiera alcanzar determinada comunidad, dentro de la Región Ecológica (RE) el estrato arbustivo y de cactáceas y/o rosetófilas fueron las formas de vida que presentan una mayor equidad entre la biodiversidad estimada con valores de J'= 0.805 y J'= 0.863, así como las hierbas que obtuvieron un valor de J'= 0.828; para los árboles, se calculó un grado de equitatividad medio con J'= 0.618 y para las epífitas y/o trepadoras, se calculó un valor bajo con J'= 0.147.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), se identificó un patrón similar que en la RE puesto que los arbustos, las cactáceas y/o rosetófilas, así como las hierbas presentaron una equitatividad alta con valores de J'= 0.806, 0.878 y 0.845, respectivamente. Los árboles presentaron valores de J'= 0.636 y las epífitas y/o trepadoras obtuvieron un valor de J'= 0.084.

CONSULTA PÚBLICA

Al igual que con los índices anteriores, la biodiversidad calculada dentro de la Región Ecológica (RE) obtuvo mayores valores que el Área del Proyecto (AP).

Tabla III.136. Comparación del Índice de Jaccard (J') por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia.

Forma de vida	J´ RE	Grado de biodiversidad	J´ AP	Grado de biodiversidad
Árbol	0.618	Media	0.636	Media
Arbusto	0.805	Alta	0.806	Alta
Cactácea y/o rosetófila	0.863	Alta	0.878	Alta
Epífita y/o trepadora	0.147	Baja	0.084	Baja
Hierba	0.828	Alta	0.845	Alta

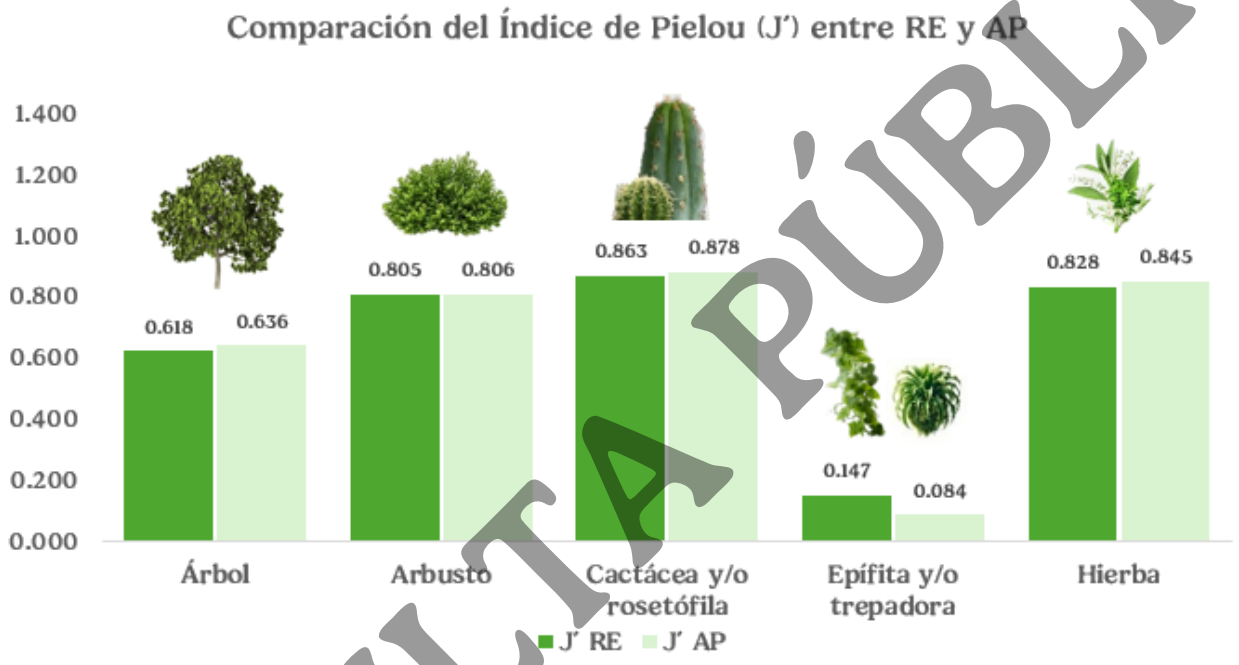


Figura III.165. Comparación del Índice de Jaccard (J') por forma de vida entre la RE y el AP. Elaboración propia.

Al traducir los índices de biodiversidad anteriormente expuestos a través de la Serie de Número de Hill se pudo determinar que dentro de la Región Ecológica (RE), de las 34 especies de árboles registrados (q0), 9 de ellos se posicionaron como los más comunes (q1) y 5 (q2) los más dominantes. Para los arbustos, de las 44 especies (q0), 21 de estas se posicionaron como las más comunes (q1) y 13 de ellas como las más dominantes (q2). En el caso de de las cactáceas y/o rosetófilas, de las 6 especies registradas (q1), 5 se posicionaron como comunes (q1) y 4 como las más dominantes (q2). En tanto, de las 2 epífitas y/o trepadoras registradas (q1), 1 fue tanto la más común (q1) como la más dominante (q2). Por último, de las 22 especies de hierbas registradas (q0), 13 fueron identificadas como las más comunes (q1) y 9 como las más dominantes (q2).

En el caso del Área del Proyecto (AP), dentro de las 28 especies de árboles registrados (q0), 8 se posicionaron como los más comunes (q1) y 5 como los más dominantes (q2). Para los arbustos, de las 27 especies registradas (q0), 14 se identificaron como las más comunes (q1) y

CONSULTA PÚBLICA

9 como las más dominantes. Por el lado de las cactáceas y/o rosetófilas, de las 5 especies registradas (q0), 4 se posicionaron como las más comunes (q1), así como las más dominantes (q2). En tanto, de las 2 epífitas y/o trepadoras registradas (q1), 1 fue tanto la más común (q1) como la más dominante (q2). Por último, de las 14 especies de hierbas registradas (q0), 9 fueron identificadas como las más comunes (q1) y 7 como las más dominantes (q2).

Tabla III.137. Comparación de la Serie de Números de Hill por forma de vida entre la RE y el AP, así como sus grados de biodiversidad. Elaboración propia.

Forma de vida	q0 RE	q1 RE	q2 RE	Forma de vida	q0 AP	q1 AP	q2 AP
Árbol	34	9	5	Árbol	28	8	5
Arbusto	44	21	13	Arbusto	27	14	9
Cactácea y/o rosetófila	6	5	4	Cactácea y/o rosetófila	5	4	4
Epífita y/o trepadora	2	1	1	Epífita y/o trepadora	2	1	1
Hierba	22	13	9	Hierba	14	9	7



Figura III.166. Serie de Números de Hill por forma de vida dentro de la RE. Elaboración propia



Figura III.167. Serie de Números de Hill por forma de vida dentro del AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



e.3) Especies de importancia para la conservación incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), la lista roja de la IUCN y los Apéndices de la CITES, así como las señaladas por instituciones nacionales

i. *Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)*

Con base en el listado potencial y dentro de los muestreos de campo, se determinó que de manera potencial existe la presencia de hasta 32 especies Sujetas a Protección Especial (Pr), 24 especies como Amenazadas (A) y 10 en Peligro de Extinción (P). En tanto, dentro de los muestreos de la Región Ecológica (RE) y del Área del Proyecto (AP), no se registraron especies con alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM en comento.

Tabla III.138. Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III dentro del listado potencial, la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro dentro del Listado Potencial de la RE	Registro en RE	Registro en AP
Arbutus occidentalis	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Cedrela dugesii	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Cedrela odorata	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Cochlospermum palmatifidum	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Comarostaphylis discolor	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Crusea coronata	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Crusea hispida grandiflora	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Cupressus lusitanica	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Cupressus lusitanica benthamii	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Cupressus lusitanica lusitanica	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Eryngium proteiflorum	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Ferocactus histrix	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Gentiana spathacea	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Gossypium aridum	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Govenia tequilana	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Habenaria novemfida	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Laelia speciosa	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Mammillaria bombycina perezdelarosae	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Mammillaria crinita crinita	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Mammillaria mercadensis	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Mammillaria rettigiana	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Muhlenbergia jaliscana	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Noveloa coulteriana	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Opuntia excelsa	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Phymosia rosea	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Pinus durangensis	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Polianthes longiflora	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Polianthes palustris	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Polianthes platyphylla	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Schoenocaulon jaliscense	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Tripsacum zopilotense	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Zigadenus virescens	Sujeta a Protección Especial (Pr)			
Albizia occidentalis	Amenazada (A)			
Astronium graveolens	Amenazada (A)			
Carpinus caroliniana	Amenazada (A)			
Coryphantha elephantidens	Amenazada (A)			
Cypripedium irapeanum	Amenazada (A)			
Dasylirion acrotrichum	Amenazada (A)			
Erythrina americana	Amenazada (A)			
Handroanthus chrysanthus	Amenazada (A)			
Magnolia iltisiana	Amenazada (A)			
Magnolia schiedeana	Amenazada (A)			
Mammillaria rhodantha	Amenazada (A)			
Mammillaria rhodantha fera-rubra	Amenazada (A)			
Microdesmia arborea	Amenazada (A)			
Nymphaea gracilis	Amenazada (A)			
Nymphaea mexicana	Amenazada (A)			
Prosthechea mariae	Amenazada (A)			

CONSULTA PÚBLICA



Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro dentro del Listado Potencial de la RE	Registro en RE	Registro en AP
Psilotum complanatum	Amenazada (A)			
Quercus macdougallii	Amenazada (A)			
Sideroxylon capiri	Amenazada (A)			
Sideroxylon capiri capiri	Amenazada (A)			
Sideroxylon capiri tempisque	Amenazada (A)			
Trifolium wormskioldii	Amenazada (A)			
Tripsacum maizar	Amenazada (A)			
Zinnia elegans	Amenazada (A)			
Dioon tomasellii	En Peligro de Extinción (P)			
Echeveria elegans	En Peligro de Extinción (P)			
Echinocactus platyacanthus	En Peligro de Extinción (P)			
Gossypium trilobum	En Peligro de Extinción (P)			
Hymenocallis concinna	En Peligro de Extinción (P)			
Litsea glaucescens	En Peligro de Extinción (P)			
Nephrolepis cordifolia	En Peligro de Extinción (P)			
Picrasma mexicana	En Peligro de Extinción (P)			
Selaginella porphyrospora	En Peligro de Extinción (P)			
Sideroxylon cartilagineum	En Peligro de Extinción (P)			

ii. Especies endémicas

Con base en el listado potencial y dentro de los muestreos de campo, de manera potencial se registró la presencia de hasta 1,427 especies de flora silvestre (pueden consultarse dentro del listado de flora potencial, mientras que a través de los muestreos en campo dentro de la Región Ecológica (RE) se realizó el registró de 24 especies, y dentro del Área del Proyecto (AP) fueron sólo 20 y todas ellas registradas tanto de manera potencial como dentro de la RE.

Tabla III.139. Especies endémicas dentro del listado potencial, la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Grado de endemismo	Registro dentro del Listado Potencial de la RE	Registro en RE	Registro en AP
Agave maximiliana	**Endémica**			
Annona longiflora	**Endémica**			
Bunchosia palmeri	**Endémica**			
Bursera grandifolia	**Endémica**			
Bursera palmeri	**Endémica**			
Bursera penicillata	**Endémica**			
Chromolaena pulchella	**Endémica**			
Dendroviguiera quinqueradiata	**Endémica**			
Ipomoea intrapilosa	**Endémica**			
Ipomoea stans	**Endémica**			
Mandevilla foliosa	**Endémica**			
Montanoa grandiflora	**Endémica**			
Nyctocereus serpentinus	**Endémica**			
Opuntia hyptiacantha	**Endémica**			
Opuntia lasiacantha	**Endémica**			
Quercus eduardii	**Endémica**			
Quercus obtusata	**Endémica**			
Quercus resinosa	**Endémica**			
Roldana heracleifolia	**Endémica**			
Salvia amarissima	**Endémica**			
Salvia longispicata	**Endémica**			
Verbesina fastigiata	**Endémica**			
Verbesina sphaerocephala	**Endémica**			
Zinnia zinnioides	**Endémica**			

CONSULTA PÚBLICA

iii. Especies de importancia para la conservación reconocidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el Gobierno del estado de Guanajuato y Jalisco

- **Especies prioritarias para el estado de Guanajuato**

De acuerdo con el Estudio de *Estudio de Estado de la Biodiversidad de Guanajuato* (CONABIO, 2012), se realiza un recopilado de la riqueza biológica del estado de Guanajuato (consultar en https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20260915134554), se realiza un recopilado de la riqueza biológica del estado de Guanajuato. Dicha publicación revisada y depurada por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Las plantas vasculares en el estado acumulan un total de 2,786 especies pertenecientes a 901 géneros y 178 familias. De éstas, las angiospermas (plantas con flor) son las más abundantes en el estado siendo representadas por 2,642 especies, 857 géneros y 157 familias, le siguen las pteridofitas (helechos y afines) con 126 sp., 38 géneros y 17 familias, y por último las gimnospermas con 18 sp., 6 géneros y 4 familias, donde destaca la familia Pinaceae.

Por otro lado, las familias con mayor número de géneros y de especies son Asteraceae (119 géneros, 463 sp.), Poaceae (83 gen., 253 sp.), Fabaceae (58 gen., 189 sp.), Cactaceae (23 gen., 100 sp.), Malvaceae (23 gen., 56 sp.), Scrophulariaceae (21 gen., 43 sp.), Lamiaceae (20 gen., 79 sp.), Rubiaceae (19 gen., 45 sp.), Orchidaceae (19 gen., 34 sp.), Solanaceae (14 gen., 94 sp.), Euphorbiaceae (14 gen., 81 sp.), Cyperaceae (11 gen., 65 sp.) y Convolvulaceae (9 gen., 57 sp.).

En cuanto a las especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se reportaron 42 especies, 14 en la categoría de amenazada (A), 6 en peligro de extinción (P) y 22 sujetas a protección especial (Pr), cabe destacar que 35 de ellas son endémicas y 7 son nativas. A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo (RE y AP) o los registros potenciales dentro de la Región Ecológica, destacando que no se registraron especies en campo ni de manera potencial.

Tabla III.140. Especies endémicas y prioritarias de flora para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Albizia occidentalis	Amenazada (A)	Endémica			
Aporocactus flagelliformis	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Astrophytum ornatum	Amenazada (A)	Endémica			
Beaucarnea hookeri	Amenazada (A)	Endémica			
Cedrela dugesii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Coryphantha elephantidens	Amenazada (A)	Endémica			
Dahlia scapigera	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Echinocactus platyacanthus	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Echinocereus pulchellus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Echinocereus pulchellus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Erythrina (Erythrina) americana	Amenazada (A)	Endémica			
Ferocactus histrix	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Ferocactus mathssonii	Amenazada (A)	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA



Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Gentiana spathacea	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Hymenocallis concinna	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Laelia speciosa	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria bocasana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria candida	Amenazada (A)	Endémica			
Mammillaria crinita leucantha	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Mammillaria erythrosperma	Amenazada (A)	Endémica			
Mammillaria hahniana	Amenazada (A)	Endémica			
Mammillaria herrerae	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Mammillaria longimamma	Amenazada (A)	Endémica			
Mammillaria microhelia	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria nana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria parkinsonii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria rettigiana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria zeilmanniana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Mammillaria zephyranthoides	Amenazada (A)	Endémica			
Nymphaea gracilis	Amenazada (A)	Endémica			
Stenocactus coptonogonus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Stenocactus coptonogonus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Strombocactus disciformis	Amenazada (A)	Endémica			
Thelocactus leucacanthus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Valeriana pratensis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

Es importante destacar que, en los listados de especies de importancia para la conservación incluidas en los Estudios de Estado de Biodiversidad, tanto de Guanajuato como de Jalisco, se encontraron especies con sinonimias por lo que se homologaron las especies de acuerdo con las actualizaciones más recientes de la CONABIO.

- **Especies prioritarias para el estado de Jalisco**

De acuerdo con *Estudio de Estado de la Biodiversidad de Jalisco* (CONABIO, 2017) (consultar en https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20260915133844 y https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20260915134154), se realizó un recopilado de la riqueza biológica del estado de Jalisco. Dicha publicación fue revisada y depurada por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

- **Helechos y plantas afines (Pteridophyta)**

La riqueza de pteridofitas en Jalisco asciende a 250 especies, pertenecientes a 68 géneros y 27 familias, lo cual equivale al 24% del total de especies de México. De los géneros con el mayor número de especies destacan *Cheilanthes* y *Asplenium*, además, los helechos son los más abundantes con aproximadamente 223 especies, seguido por las selaginelas (16 sp.) y los licopodios (5 sp.).

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.141. Géneros de pteridofitas con mayor riqueza biológica dentro del estado de Jalisco. Elaboración propia.

Género	No. de especies
Cheilanthes	22
Asplenium	22
Selaginella	16
Elaphoglossum	16
Polypodium	15
Thelypteris	14
Adiantum	11
Anemia	10

En cuanto a las especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se reportaron seis especies en Jalisco, 2 en la categoría de amenazada (A), 2 en peligro de extinción (P) y 2 sujetas a protección especial (Pr), cabe destacar que ninguna de ellas es endémica. A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo (RE y AP) o los registros potenciales dentro de la Región Ecológica.

Tabla III.142. Especies de pteridofitas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	NOM-059	Distribución	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Alsophila firma	Pr	No endémica			
Campyloneurum phyllitidis	A	No endémica			
Cyathea costaricensis	P	No endémica			
Marattia weinmanniifolia	Pr	No endémica			
Selaginella porphyrospora	P	No endémica			
Psilotum complanatum	A	No endémica			

- **Gimnospermas**

Con base en el estudio de la biodiversidad en el estado de Jalisco (SEMADET, 2017), de las 6 familias de gimnospermas existentes en México, Jalisco cuenta con 4, las familias Cupressaceae, Pinaceae, Podocarpaceae y Zamiaceae, mismas que incluyen un total de 8 géneros, 35 especies y 2 variedades. De éstas, destaca la familia Pinaceae con 22 especies y 2 variedades, donde el género más rico en especies es *Pinus*.

De las especies de gimnospermas en Jalisco, 16 son endémicas y 9 se encuentran en alguna de las categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 como Sujetas a protección especial (Pr) y 3 en peligro de extinción (P). A continuación, se presenta este listado de especies en riesgo y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo (AP y RE) o en los registros potenciales dentro del Región Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III.143. Especies endémicas y prioritarias de gimnospermas para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Abies jaliscana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Abies religiosa	En peligro de extinción (P)	No endémica			
Cupressus lusitanica	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica			
Dioon tomasellii	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Juniperus monticola	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Pinus durangensis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Pinus jaliscana	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Podocarpus matudae	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica			
Zamia paucijuga	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

- **Angiospermas**

México alberga 22 mil especies de plantas con flor (angiospermas), mismas que se agrupan en 2,410 géneros y 220 familias. En Jalisco han sido registradas un total de 5,525 especies agrupadas en 1,428 géneros y 196 familias De éstas, 4,082 especies corresponden a las dicotiledóneas (con 1,087 géneros y 157 familias) y 1,443 especies a las monocotiledóneas (con 341 géneros y 39 familias). Las familias con mayor número de especies son Asteraceae (672 sp.), Poaceae (517), Fabaceae (459), Orchidaceae (347), Euphorbiaceae (188), Malvaceae (143), Cyperaceae (139), Solanaceae (136), Cactaceae (105), Apocynaceae (90), Lamiaceae (89) y Rubiaceae (85), el resto de las familias acumula 2,476 especies en conjunto. En cuanto a los géneros más representativos para las dicotiledóneas encontramos a *Ipomea, Solanum, Desmodium, Ageratina, Verbesina, Stevia, Dalea, Physalis, Bursera, Mimosa* y *Cupea.* Para las monocotiledóneas están el género *Muhlenbergia, Habenaria, Cyperus, Tillandsia, Malaxis, Paspalum, Eragrostis, Panicum, Epidendrum* y *Eleocharis.*

Del total de especies de angiospermas en el estado de Jalisco, 112 son endémicas y 71 son nativas. En cuanto a las categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se reportaron 7 especies en riesgo, 3 en la categoría de amenazada (A) y 4 sujetas a protección especial (Pr), cabe destacar que todas son endémicas. A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro de la Región Ecológica (RE), así como durante los muestreos de la RE y el AP.

Tabla III.144. Especies endémicas y prioritarias de angiospermas para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Agave howardii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Agave abisaii	Amenazada (A)	Endémica			
Agave gypsophila	Amenazada (A)	Endémica			
Agave ornithobroma	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Furcraea parmentieri	Amenazada (A)	Endémica			
Polianthes longiflora	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Polianthes platyphylla	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA



iv. Especies exóticas y exóticas-invasoras

De manera potencial, de acuerdo con la base de datos del Sistema Nacional sobre Información de Biodiversidad en México (SNIB), se identificó de manera potencial la presencia de **90 especies exóticas-invasoras y 263 exóticas** (sumando 353 especies totales), las cuales pueden consultarse con mayor detalle dentro del *ANX.V. Soporte biodiversidad> a) Flora> a.1) Flora potencial.* En tanto, dentro de la RE se registraron 9 especies exóticas y 5 especies exóticas-invasoras, sumando así 14 especies; para el AP fueron 7 exóticas y 4 exóticas-invasoras, sumando 11 especies. Cabe mencionar que todas estas especies fueron compartidas entre la flora potencial, la RE y el AP. A continuación, se presenta el listado de especies exóticas y exóticas-invasoras que pudieran presentarse y deberán presentar un manejo especial en el marco de este proyecto.

Tabla III.145. Listado de especies exóticas y exóticas-invasoras potenciales y registradas de manera potencial, para la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Tipo de distribución	Registro dentro del Listado Potencial de la RE	Registro en RE	Registro en AP
Ambrosia artemisiifolia	Exótica			
Arundo donax	Exótica-Invasora			
Cenchrus clandestinus	Exótica-Invasora			
Chloris gayana	Exótica			
Cortaderia selloana	Exótica-Invasora			
Cynodon dactylon	Exótica-Invasora			
Digitaria ciliaris	Exótica			
Digitaria sanguinalis	Exótica			
Echinochloa colona	Exótica			
Jacaranda mimosifolia	Exótica			
Nicandra physalodes	Exótica			
Ricinus communis	Exótica-Invasora			
Setaria adhaerens	Exótica			
Solanum pseudocapsicum	Exótica			

f) Conclusiones

Atendiendo a los numerales anteriores se determinó que la RE presentó las mejores condiciones para albergar comunidades vegetales más conservadas, incluyendo a todas las especies que se determinaron dentro del AP, el cual se describió como una comunidad florística con una calidad de hábitat moderada para el establecimiento de la flora y vegetación. No obstante, este proyecto contempla la ejecución de medidas de prevención, mitigación y compensación sobre la flora (como rescate y reubicación de flora silvestre, reforestaciones y manejo de suelos), las cuales son descritas dentro del Capítulo IV de la presente MIA-R. Con ello, se concluye que la ejecución de este proyecto **no comprometerá ni afectará a la biodiversidad en términos de la flora y vegetación de la Región Ecológica (RE) siempre y cuando se ejecuten las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para este estudio.**

CONSULTA PÚBLICA



III.7.3. Regionalización faunística

a) Provincias biogeográficas

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Provincias biogeográficas; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (1997).

La Región Ecológica (RE) incide dentro de 3 Provincias Biogeográficas conforme a lo siguiente: se incide dentro del Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino) en un 65.91 %, seguido del Eje Volcánico en un 33.24 %, y finalmente en un 0.84 % dentro de la Sierra Madre Occidental.

En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo se incide dentro de 2 Provincias Biogeográficas conforme a lo siguiente: se incide dentro del Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino) en un 72.09 %, seguido del Eje Volcánico en un 26.95 % y con la información faltante del vector con 0.96 %.

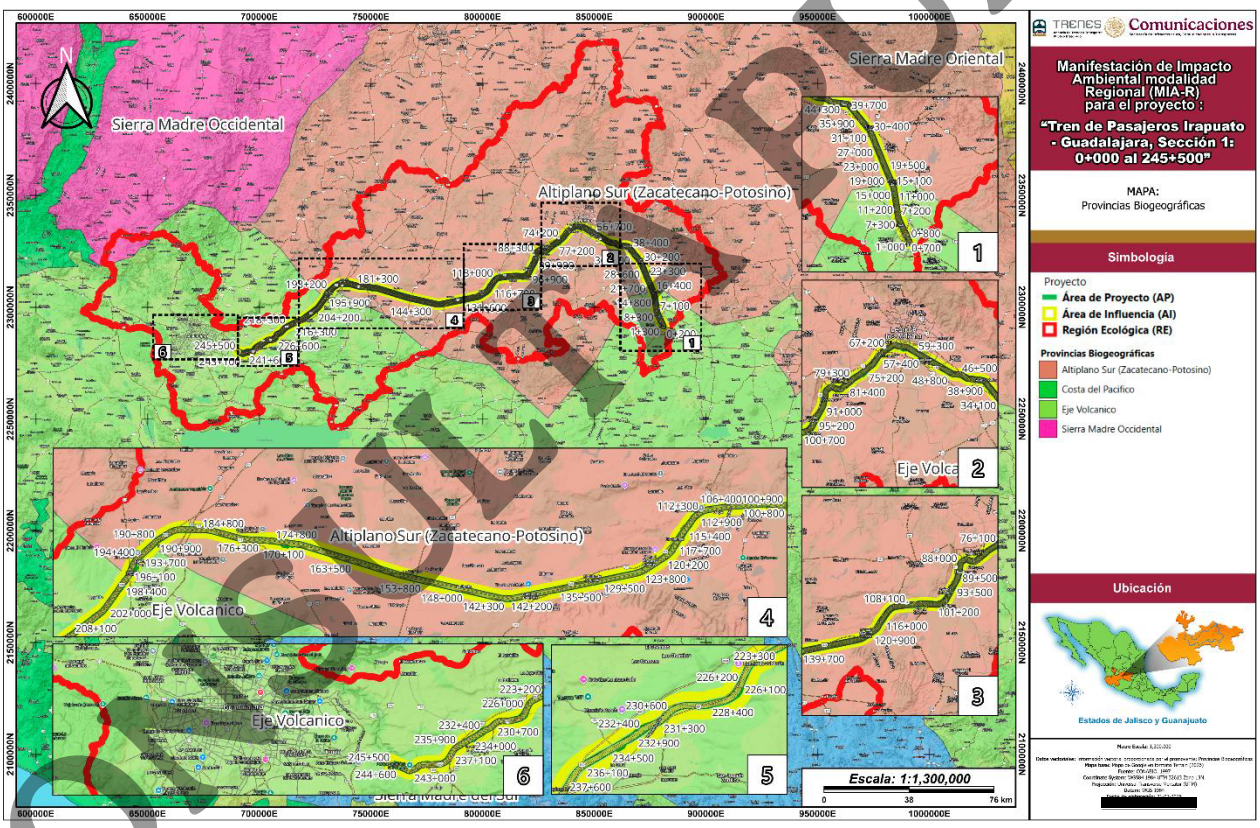


Figura III.168. Incidencia de las Provincias Biogeográficas con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de estas Provincias Biogeográficas:

CONSULTA PÚBLICA



- **Provincia de la Sierra Madre Occidental**

Esta provincia se ubica en el oeste de México, en los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit y el norte de Jalisco, entre los 200 y 3,000 m de altitud, con la mayor parte de su superficie situada por encima de los 2,000 m. Ocupa el sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental, que es el más largo y continuo de los sistemas orográficos mexicanos, y corre desde la costa del océano Pacífico, al sur de la frontera con los Estados Unidos, hasta la altura de Nayarit y Jalisco, conectando las Montañas Rocallosas con la Faja Volcánica Transmexicana. La Sierra Madre Occidental posee unos 1,400 km de largo y en algunos sitios supera los 200 km de ancho.

En esta provincia predominan los bosques de pino y de pino-encino. Entre los géneros de plantas dominantes se encuentran *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Pionocarpus*, *Pippenalia*, *Quercus*, *Stenocarpha* y *Trichocorye*. Algunos taxones endémicos de esta provincia son un escarabajo (*Onthophagus brevifrons*), una serpiente de cascabel (*Crotalus willardi*), el carpintero de Arizona (*Picoides arizonae*), el mirlo azteca (*Ridwayia pinicola*), la ardilla voladora sureña (*Glaucomys volans madrensis*) y la ardilla de Nayarit (*Sciurus nayaritensis*).

Regionalización biogeográfica. Dentro de esta provincia se han reconocido 2 distritos: Apache y Durangueño.

Distrito Apache

Abarca la parte septentrional de la provincia, en los estados de Chihuahua, Sonora y parte de Sinaloa. Sustentado por la presencia de 1 helecho (*Cheilanthes arizonica*), 2 enebros (*Juniperus deppeana* var. *pachycephala* y *J. scopolorum*) y 2 encinos (*Quercus tarahumara* y *Q. toumeyi*).

Distrito Durangueño

Abarca la parte meridional de la provincia, en los estados de Jalisco, Nayarit, Sonora, Zacatecas y partes de Sinaloa y Chihuahua. Sustentado por la presencia de 2 especies de encino (*Quercus radiata* y *Q. undata*).

Evolución biótica. Las afinidades bióticas principales de esta provincia se dan con otras provincias de la Zona de Transición Mexicana, como la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur, así como con otras provincias neárticas y neotropicales. En un análisis de biogeografía cuantitativa basado en especies de aves, hallaron similitudes entre esta provincia y la de la Faja Volcánica Transmexicana. De acuerdo con un análisis de parsimonia de endemismos basado en especies de plantas, insectos y aves, la provincia de la Sierra Madre Occidental se relaciona estrechamente con las provincias de Sonora y de Tamaulipas, así como con la porción norte de la provincia del Desierto Chihuahuense. Un análisis de trazos basado en especies de coleópteros mostró que esta provincia está relacionada con las provincias de la Cuenca del Balsas, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana.

CONSULTA PÚBLICA





Conservación. La provincia de la Sierra Madre Occidental se halla amenazada por la extracción forestal comercial, la conversión de tierras para la agricultura y ganadería, el sobrepastoreo y los cultivos para la producción de drogas ilegales. La avifauna asociada con los bosques templados de la Sierra Madre Occidental está amenazada por la deforestación intensiva, con algunas aves señaladas por su estado crítico, como el carpintero imperial (*Campophilus imperialis*), el quetzal orejón (*Euptilotis neoxenus*) y la chara pinta (*Cyanocorax dickeyi*). En esta provincia se incluyen varias áreas naturales protegidas:

Parque Nacional Cascada de Bassaseachic (Chihuahua). Incluye ecosistemas diversos que van desde el bosque de coníferas hasta la selva baja y en su centro la Barranca de Candameña, por la que desemboca la cascada de Bassaseachic, suministro de agua permanente para los seres vivos del lugar. Especies representativas son el pino real (*Pinus durangensis*), 3 especies de encinos (*Quercus sideroxila, Q. rugosa* y *Q. arizonica*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y la nutria (*Lontra longicaudis annectens*).

Parque Nacional Sierra de Órganos (Zacatecas). Destaca la composición y estructura de la vegetación por gradiente altitudinal, con densidades grandes de rodales con pino piñonero (*Pinus cembroides*), alamillo tamblón (*Populus tremuloides*) y encino rojo (*Quercus aduardii*). Algunas especies representativas son la rata canguro de Phillips (*Dipodomys phillipsii*), la matraca serrana (*Campylorhynchus gularis*), el zorzal mexicano (*Catharus occidentalis*), la cardellina rubra (*Ergaticus ruber*), la calandria de flancos negros (*Icterus abeillei*), el mirlo azteca (*Ridgwayia pinicola*), el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), el pino piñonero (*Pinus cembroides*), la biznaga (*Mammillaria moelleriana*), el gatuño (*Mimosa laxiflora*), el coyote (*Canis latrans*), el lince (*Lynx rufus*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*).

- **Provincia del Eje Volcánico**

Esta provincia se ubica en el centro de México, en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, México, Ciudad de México, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala y Veracruz, por encima de los 1,800 m de altitud. Corresponde al sistema montañoso de la Faja Volcánica Transmexicana, conocido también como Eje Neovolcánico Transversal, que es un conjunto de cordilleras de volcanes que cruza el país de oeste a este, desde Cabo Corrientes (Nayarit) hasta la Sierra Chinconquiaco (Veracruz), aproximadamente entre los paralelos 19 y 21° de latitud norte. Entre los volcanes de la Faja Volcánica Transmexicana destacan el Ceboruco (Nayarit), Nevado de Colima (Jalisco y Michoacán), Pico de Tancítaro (Michoacán), Nevado de Toluca (Estado de México) e Iztaccíhuatl y Popocatépetl (Estado de México y Puebla). Constituye el límite austral del Desierto Chihuahuense y lo separa de la Cuenca del Balsas. La Faja Volcánica Transmexicana comenzó a desarrollarse durante el Mioceno en el centro de México y luego se expandió hacia el este y oeste, culminando su configuración actual en el Holoceno. La faja de volcanes se desarrolló durante 19 ma, a lo largo de 4 episodios de vulcanismo que afectaron el área de manera asincrónica, primero en el oeste y luego en el este. La historia geológica de la Faja Volcánica Transmexicana y sus variadas conexiones bióticas con otras provincias biogeográficas la hacen una de las provincias más complejas y

CONSULTA PÚBLICA



heterogéneas del país. Su posición es privilegiada, ya que conecta entre sí las Sierras Madre Occidental, Oriental y del Sur, representando el núcleo de la Zona de Transición Mexicana.

La vegetación de esta provincia es muy variada. Predominan los bosques de pino-encino; también hay bosques tropicales caducifolios, así como matorrales xerófilos en áreas con derrames lávicos y zacatonales (tundra alpina) cerca de la cima de los grandes volcanes. Entre los géneros dominantes de plantas, destacan: *Achillea*, *Alchemilla*, *Arenaria*, *Cerastium*, *Geranium*, *Hintonella*, *Microspermum*, *Omiltemia*, *Peyritschia*, *Pinus*, *Quercus*, *Ranunculus* y *Silviella*.

Algunos taxones endémicos de esta provincia son: un helecho (*Cheilanthes decomposita*), la tronadora (*Montanoa frutescens*), 2 magueyes (*Agave horrida* y *A. inaequidens*), un escarabajo (*Onthophagus hippopotamus*), la tuza de nariz pelona (*Cratogeomys tylorhinus*), el teporingo o conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) y la musaraña colilarga de Orizaba (*Sorex oryzabae*). La Faja Volcánica Transmexicana posee 63 especies de plantas vasculares endémicas, la mayor parte de las cuales se distribuyen en sitios con altitudes intermedias (2,100-3,000 m).

Regionalización biogeográfica. Dentro de esta provincia se han reconocido 2 subprovincias y 4 distritos. La distinción entre ambas subprovincias es marcada. Cada subprovincia posee especies endémicas propias y se han identificado diferencias en el clima: templado subhúmedo y semifrío subhúmedo (subprovincia Este) y semicálido subhúmedo (subprovincia Oeste); orogenia: MiocenoPlioceno (subprovincia Este) y Pleistoceno-Cuaternario (subprovincia Oeste); altitud: 2,000-3,000 m (subprovincia Este) y menores de 2,000 m (subprovincia Oeste); y en la vegetación: bosques de pino-encino y matorrales xerófitos (subprovincia Este) y bosques tropicales caducifolios (subprovincia Oeste).

Subprovincia Oeste

Corresponde al occidente de la provincia. Comprende 2 distritos: Otomí y Tarasco.

Distrito Otomí

En la porción centro-norte, en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán y México.

Distrito Tarasco

En la porción centro-sur, en los estados de Jalisco, Michoacán y México.

Subprovincia Este

Corresponde al oriente de la provincia. Posee 2 distritos: Azteca y Orizaba-Zempoaltepec.

Distrito Azteca

En los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos y Guerrero.

CONSULTA PÚBLICA



Distrito Orizaba-Zempoaltepec

Provincia Oaxaco-Tehuacanense (en parte). Ecorregión de los Bosques Húmedos de Oaxaca.

Evolución biótica. La provincia de la Faja Volcánica Transmexicana es la que muestra más claramente la condición transicional, constituyendo el "núcleo" de la Zona de Transición Mexicana. Muestra relaciones con las restantes provincias de la Zona de Transición Mexicana, así como con provincias neotropicales típicas (Tierras Bajas del Pacífico y Cuenca del Balsas). En un análisis de biogeografía cuantitativa basado en especies de aves, hallaron similitudes entre esta provincia y la de la Sierra Madre Occidental. De acuerdo con un análisis de parsimonia de endemismos basado en especies de plantas, insectos y aves, la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana se relaciona estrechamente con las provincias de las Tierras Bajas del Pacífico, Cuenca del Balsas y Sierra Madre del Sur. Dos análisis de trazos basados en especies de coleópteros mostraron que esta provincia se relaciona con las provincias de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, Tierras Bajas del Pacífico y la Cuenca del Balsas. De acuerdo con un análisis biogeográfico cladístico basado en taxones de insectos, peces, reptiles y plantas, la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana se relaciona con la provincia de la Sierra Madre del Sur.

Existen varios análisis filogeográficos que correlacionan el desarrollo de la Faja Volcánica Transmexicana con la diversificación asociada con la diversidad de ambientes. El análisis filogeográfico de la especie *Nolina parviflora* es uno de ellos. Estos autores evaluaron los eventos históricos que habrían inducido la diversificación de esta especie, revelando la historia ecológica y evolutiva de sus poblaciones a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana. El análisis se basó en material colectado en 28 poblaciones, que representan la distribución completa de la especie. Se extrajo el ADN y se amplificaron y secuenciaron 2 marcadores de cloroplastos. Se realizó un análisis filogenético con inferencia Bayesiana y se calcularon los tiempos de divergencia. También se calcularon parámetros poblacionales y se hizo un análisis filogeográfico. El análisis filogenético permitió identificar 2 clados principales. Uno de ellos incluye los especímenes de Jalisco y Zacatecas, y el otro las poblaciones restantes. La divergencia de *Nolina* de su género hermano se calculó en 20.9 ma (Oligoceno-Mioceno Medio). Dentro de *N. parviflora*, los eventos de divergencia se dataron entre el Oligoceno y el Plioceno Tardío (13.9 ma). Los clados menores dentro de los 2 mayores habrían divergido entre el Mioceno Medio y el Pleistoceno. El análisis filogeográfico dio por resultado 5 haplotipos en la Faja Volcánica Transmexicana, uno de ellos compartido con la Sierra Madre Oriental. En el este de la Faja Volcánica Transmexicana hay una mayor diversidad de haplotipos. La divergencia entre las poblaciones es alta, indicando una fuerte estructuración geográfica. Existen barreras importantes, separando las poblaciones de Jalisco y Zacatecas, las de Guanajuato y Querétaro de la Sierra Madre Oriental, y las de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur. Las estimaciones de divergencia coinciden con los 2 episodios volcánicos principales, ocurridos hace 21-10 ma y 7.5-3 ma, respectivamente. El clado del este habría diversificado entre el Mioceno Temprano y el Plioceno Medio, y algunos de sus subclados entre el Plioceno y el Pleistoceno. Estos periodos concuerdan con el cuarto episodio de vulcanismo ocurrido en la Faja Volcánica Transmexicana

CONSULTA PÚBLICA





(21-1.8 ma). El desarrollo de la Faja Volcánica Transmexicana jugó un papel fundamental en la diversificación de *N. parviflora*, limitando el flujo génico entre las poblaciones.

Conservación. La provincia de la Faja Volcánica Transmexicana se halla amenazada por la cría de ovejas, la conversión de hábitats naturales para la agricultura, la recolección de leña, la explotación de la vida silvestre y la urbanización intensiva. El libro editado por incluye capítulos que analizan las características abióticas, flora, fauna, producción rural, aprovechamiento de la vida silvestre y planeación regional de la Cuenca de México, en la parte central de esta provincia. En esta provincia se incluyen varias áreas naturales protegidas:

Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (Michoacán). En esta reserva todos los años se completa el ciclo migratorio de millones de mariposas monarca, las cuales hibernan en las formaciones elevadas de la Faja Volcánica Transmexicana, entre los estados de Michoacán y México. Posee bosque de coníferas, bosques de encino y vegetación inducida.

Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Oaxaca y Puebla). Cuenta con poblaciones de cactáceas columnares únicas en el mundo, con especies como el tetecho (*Neobuxbaumia tetetzo*) y los cardones u órganos (*Cephalocereus columna trajani*, *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *N. macrocephala*, *Pachycereus grandis* y *P. weberi*, entre otros). La selva baja caducifolia ocupa casi el 38% de su extensión y se encuentra en buen estado de conservación, formando un corredor biológico en el que se ha documentado la presencia de jaguar, puma, tigrillo, lince y jaguarundi.

Parque Nacional Bosencheve (Estado de México y Michoacán). Área boscosa con bosque de coníferas y bosque mesófilo de montaña.

Parque Nacional Cumbres del Ajusco (Ciudad de México). Posee varias especies endémicas, lo que se atribuye a la compleja historia geológica y a las características fisiográficas de la región, que generaron una gran variedad de microhábitats.

Parque Nacional Desierto del Carmen o de Nixcongo (Estado de México). Bosques de coníferas y vegetación inducida.

Parque Nacional Desierto de los Leones (Ciudad de México). Bosques de coníferas y vegetación inducida. Algunas especies representativas son el oyamel (*Abies religiosa*), el cedrón (*Juniperus monticola*), el madroño borracho (*Comarostaphylis discolor*), el cedro blanco (*Cupressus lusitanica*), la mazorquita (*Morchella conica*), la serpiente de cascabel transvolcánica (*Crotalus triseriatus*), el escorpión (*Barisia imbricata*), la codorniz coluda neovolcánica (*Dendrortyx macroura*), el lince (*Lynx rufus*), el coyote (*Canis latrans*) y el ajolote (*Ambystoma altamirani*).

Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (Ciudad de México). Se ubica dentro del área urbana de la Ciudad de México, en el campus central de la UNAM. Comprende el área donde se solidificaron los flujos de lava de la erupción del volcán Xitle, que ocurrió hace unos 1,670 años. La vegetación consiste en matorral xerófilo, con abundancia de palo loco (*Senecio praecox*).

CONSULTA PÚBLICA





Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatéptl (Estado de México, Morelos y Puebla). Posee bosques de coníferas, bosques de encino, pastizales y vegetación inducida. Algunas especies representativas son el pino de las alturas (*Pinus hartwegii*), el lupino (*Lupinus montanus*), el zacatonal (*Calamagrostis tolucensis*), el enebro azul (*Juniperus monticola*), el cardo santo (*Cirsium ehrenbergii*), el lince (*Lynx rufus escuinapae*), el teporingo o zacatuche (*Romerolagus diazi*), la chara copetona (*Cyanocitta stelleri*), el carpintero de Strickland (*Picoides stricklandi*), el escorpión (*Barisia imbricata*), la lagartija escamosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*), el eslizón de Cope (*Eumeces copei*) y la culebra listonada del sur mexicano (*Thamnophis eques*).

Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin (Morelos). Es importante por los servicios ecosistémicos que presta a la Ciudad de México y el estado de Morelos, principalmente de agua para zonas urbanas y rurales.

Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (Estado de México). Posee bosques de coníferas y de encino, pastizales y vegetación inducida. Algunas especies representativas son el oyamel (*Abies religiosa*), el pino de altura (*Pinus hartwegii*), la habichuela (*Lupinus mexicanus*), el encino (*Quercus laurina*) y el ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*).

Un análisis de las plantas vasculares endémicas de la Faja Volcánica Transmexicana y su superposición con el mapa de áreas naturales protegidas y regiones terrestres prioritarias permitió determinar que las áreas más ricas de esta provincia están incluidas al menos parcialmente en alguna área protegidas. Algunas áreas no incluidas en el sistema de áreas protegidas que los autores identificaron son Singuilucan y Tozayuca (Hidalgo), Amelco (Querétaro y Michoacán), el oeste del nevado de Toluca (Estado de México), y Tapalpa y Tecolotlán (Jalisco).

CONSULTA PÚBLICA



b) Provincias herpetográficas

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Provincias herpetofaunísticas; Casas Andreu, G., Reyna Trujillo, T. (1990).

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP), se encuentran dentro de 1 Provincia Herpetográfica, siendo esta la denominada Eje Neovolcánico.

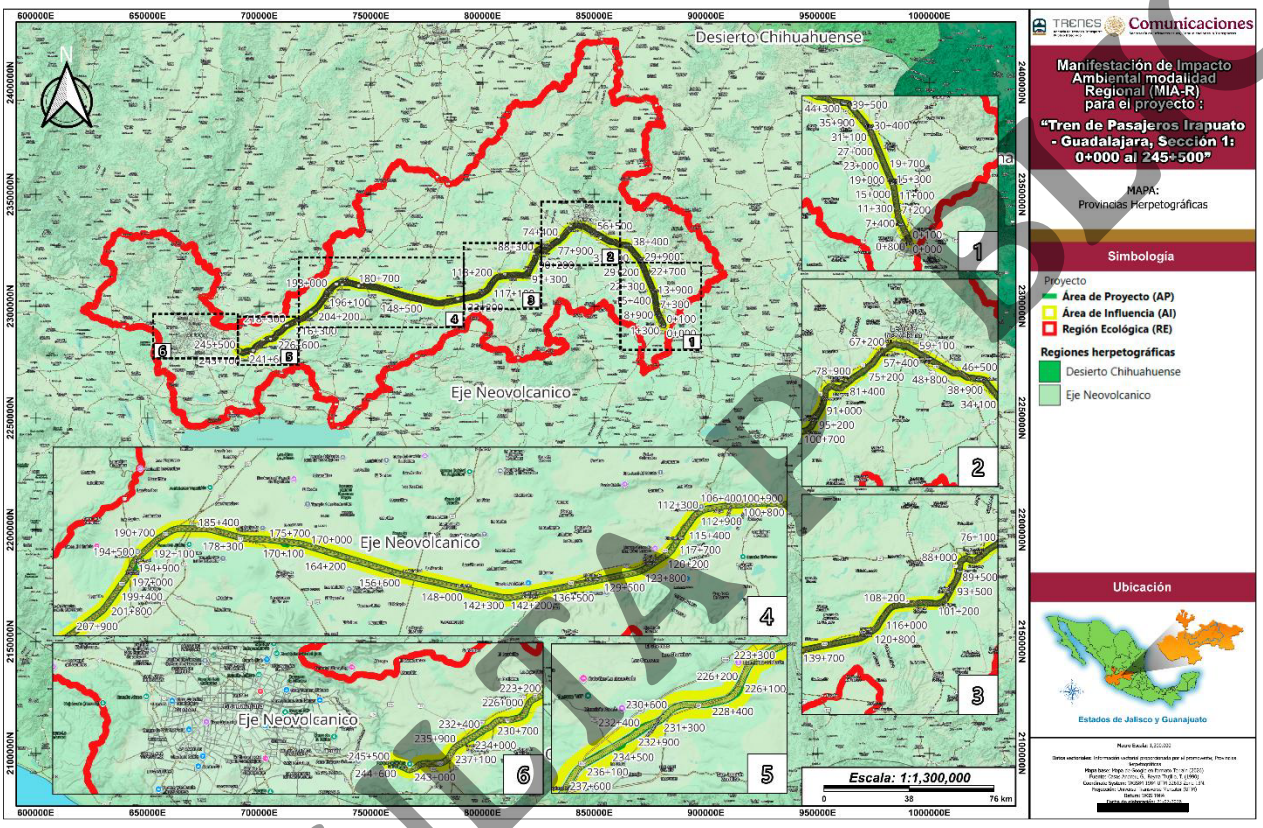


Figura III.169. Incidencia **de las Provincias Herpetográficas** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

c) Provincias mastozoológicas

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: Provincias mastozoológicas; Ramírez-Pulido, J, A. Castro-Campillo (1990).

La Región Ecológica (RE) incide dentro de 2 Provincias Mastozoloógicas conforme a lo siguiente: se incide dentro de la Provincia Volcánico-Transversa en un 56.33 %, y seguida de la Provincia Zacatecana en un 43.67 %.

En el caso del Área del Proyecto (AP), sólo se incide dentro de 2 Provincias Mastozoográficas conforme a lo siguiente: se incide dentro de la Provincia Volcánico-Transversa en un 64.79 %, y seguida de la Provincia Zacatecana en un 32.24 %, mientras que el 0.96 % restante no cuenta con datos vectoriales.

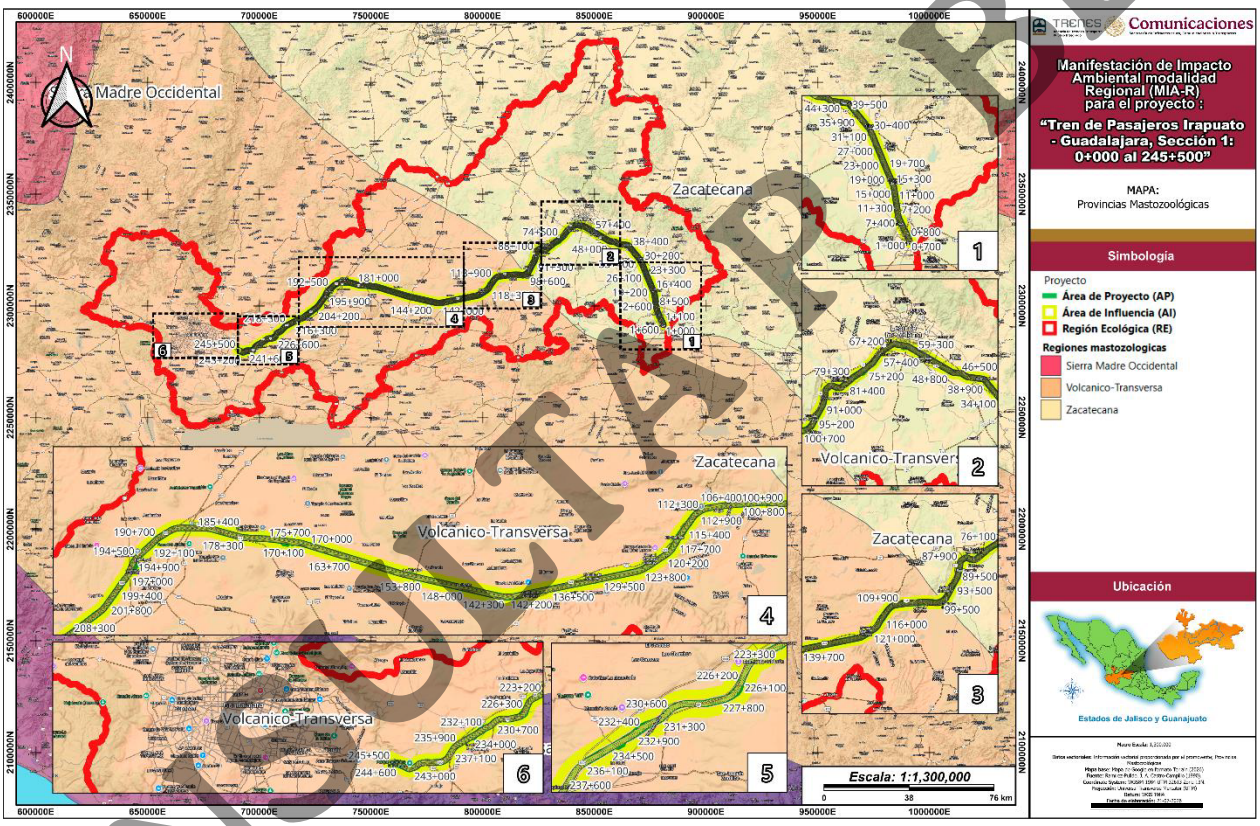


Figura III.170. Incidencia **de las Provincias Mastozoológicas** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



III.7.4. Fauna

a) Metodología de trabajo

A continuación, se presenta la metodología de los muestreos de fauna conforme a lo siguiente:

Fecha de los muestreos: Los muestreos se realizaron entre el 01 de mayo al 30 de julio (dichos muestreos fueron complementados con un análisis de la fauna potencial).

- ***Síntesis de los métodos de trabajo***

Durante los muestreos fueron tomados datos, además del registro de especies, como hora de inicio, hora final, coordenada de inicio, coordenada final, tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros y cuando fue posible se realizó el registro fotográfico de los ejemplares que se observaron. El registro de la fauna se realizó por observación directa (OD), audio (AU) en el caso de las aves, vocalización (VO) en el caso de los anfibios, rastro (RA a través de huellas, excretas, madriguera) en el caso de los mamíferos, cadáver (CA) y comunicación verbal (CV).

Para todos los grupos de fauna se recorrieron un total de 24 **transectos lineales en la RE y 22 en el AP con una longitud de 100 m y un ancho variable dependiendo del grupo de fauna para muestrear**. A lo largo de estos transectos, en puntos estratégicos se instalaron **trampas Tomahawk (24 en RE y 22 en AP), trampas Sherman (24 en RE y 22 en AP) y puntos de avistamiento de aves (24 en RE y 22 en AP)**, esto con la finalidad de tener un mayor registro de la fauna presentes dentro de las áreas de caracterización.

Tabla III.146. Métodos empleados para el registro de la fauna. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Metodología de registro	Tamaño	No. en RE	No. en AP
Herpetofauna (anfibios y reptiles)	Transecto lineal	100 m	24	22
Mamíferos	Transecto lineal	100 m	24	22
	Trampas Tomahawk	Unidad	24	22
	Trampas Sherman	Unidad	24	22
Aves	Puntos de conteo	Alcance visual de 200 m	24	22

CONSULTA PÚBLICA





- ***Métodos de registro de fauna***

Transectos lineales

Como se comentó antes, el principal método utilizado fue el de conteo en transectos lineales, el cual permite estimar la presencia, abundancia, riqueza, actividad y densidad poblacional de las especies (Buckland *et al.*, 1993). La implementación de este método es funcional para todos los grupos de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), además de ser de bajo costo y mantener un requerimiento de personal bajo-medio, se puede cubrir áreas extensas en poco tiempo. En esta metodología el observador camina a velocidad constante y en línea recta el llamado transecto, donde se registran todos los organismos y rastros observados, este método de registro es eficaz, pues al estar el observador en movimiento evita contar dos veces al mismo individuo (De la Maza *et al.*, 2013). Por su parte, el conteo de rastros de la fauna silvestre dentro del recorrido de transectos presenta ciertas ventajas, pues corresponde a métodos de fácil aplicación en el campo, no representa disturbio a los individuos, y se puede aplicar en diferentes hábitats, además de proveer registros persistentes (Aguirre-León, 2011).

El registro de las especies fue por medio de la observación directa o visual (anfibios, reptiles, aves, mamíferos), auditiva (para el caso de aves y anfibios), así como por medio de registros indirectos (huellas, excretas, madrigueras, huesos, nidos, entre otros), los cuales se contemplaron únicamente para complementar la información de la riqueza total y verificar la presencia de aquellas especies que no pudieran ser registradas mediante métodos directos.

Durante los muestreos fueron tomados datos, además del registro de especies, como hora de inicio, hora final, coordenada de inicio, coordenada final, tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros y cuando fue posible se realizó el registro fotográfico de los ejemplares que se observaron.

Cabe destacar que los sitios de muestreo empleados para el registro de fauna silvestre se mantuvieron constantes (24 en RE y 22 en AP). Esta continuidad espacial en el monitoreo a lo largo del tiempo permite analizar tendencias poblacionales con mayor precisión, al eliminar variables asociadas a cambios de ubicación. Dicha homogeneidad metodológica resulta fundamental para evaluar la dinámica biológica y procesos ecológicos.

El muestreo por transecto permite registrar los rastros de la fauna silvestre (huellas, excretas o partes de animales y registros auditivos) dejándolos debidamente identificados para realizar el monitoreo siempre en los mismos sitios, tomando los datos que se encuentren a lo largo y ancho del transecto. Por lo anterior se entiende que el registro de huellas, excretas o partes de animales se registró una sola vez. Cuando se encontró una secuencia de rastros se registró en conjunto para una sola especie, esto para evitar registros de más. Para la identificación de las huellas, se utilizó el Manual para el Rastreo de Mamíferos Silvestres de México (Aranda-Sánchez, 2012). Toda la información vectorial referente a la ubicación de los sitios de muestreo puede consultarse dentro del anexo de fauna.

CONSULTA PÚBLICA



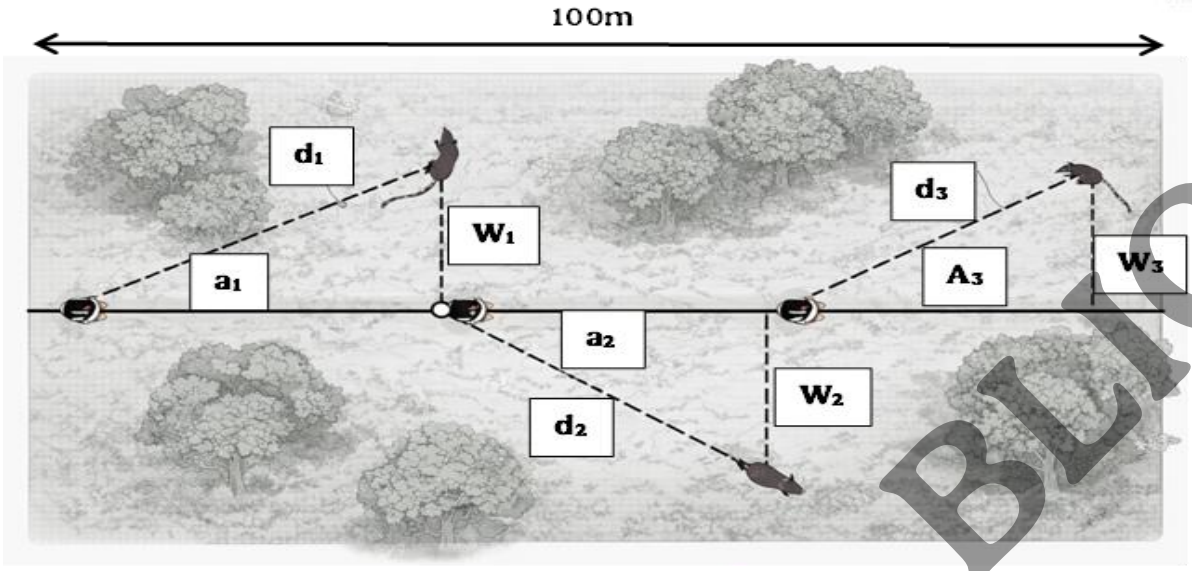


Figura III.171. **Diseño de los transectos lineales para la captura de datos de la fauna silvestre. Elaboración propia.**

- **Anfibios y reptiles (herpetofauna)**

Para llevar a cabo el muestreo herpetológico se tomó en cuenta la información acerca del hábitat, el conocimiento del clima, suelo, vegetación, cuerpos de agua (de ser el caso), estructura de la vegetación (los cuales se detalla en apartados anteriores en el presente capítulo), ya que estos proveen las condiciones ambientales necesarias para numerosas funciones ecológicas, de acuerdo con lo siguiente:

- Clima. – Las variaciones diarias del clima afectan la actividad de reptiles y anfibios. La temperatura y radiación son factores determinantes en los ritmos de actividad de los reptiles, mientras que para los anfibios la humedad relativa tiene el papel más importante.
- Suelo. – El tipo y textura del suelo son importantes en la determinación de la densidad y distribución de los anfibios y reptiles en un área. Por ejemplo, en algunas áreas de suelos arcillosos pesados, el agua se acumula sobre la superficie, especialmente durante épocas de lluvias. Debido a que el agua puede estancarse y permanecer ahí por semanas en forma de charcas temporales, algunos anfibios pueden reproducirse en estos sitios. Por otro lado, los suelos arenosos o lugares rocosos pueden favorecer la presencia de otras especies que construyen galerías en el suelo.
- Vegetación. – La estructura de la vegetación tiene mucha relación con la disponibilidad de los recursos, refugio y sitios de reproducción. Por otro lado, su estructura horizontal, tiene una importante influencia sobre la composición de anfibios y reptiles, especialmente en especies que habitan ecosistemas con vegetación poco compleja. Esta relación cambia en la compleja estructura de los bosques donde algunos anfibios y reptiles llevan a cabo la termorregulación en el dosel de los árboles o bajo la hojarasca.

CONSULTA PÚBLICA

El registro de las especies presentes en la RE se realizó con el método de búsqueda activa en los 24 **transectos lineales en RE y 22 en AP** (Gallina, 2015; Jiménez-Valverde y Hortal, 2012). Los anfibios y reptiles fueron buscados en todos los sustratos disponibles (ramas, rocas, troncos, suelo, cavidades y cuerpos de agua, de ser el caso) y se revisaron otras estructuras que estuvieron en el campo de visión con la finalidad de observar a los organismos. Cuando fue posible se realizaron capturas manuales. En cuanto a la determinación taxonómica de las especies registradas, fueron utilizadas bases de datos especializadas en ambos grupos como lo son Reptil Data base y AmphibiaWeb.

- **Anfibios**

El registro de las especies se realizó con el método de búsqueda intensiva en 24 **transectos lineales** en RE y 22 en AP, con una longitud de 100 m y un ancho de banda (faja) de 10 m (5 m por lado), (Gallina, 2015; Jiménez-Valverde y Hortal, 2012). **Los anfibios** fueron buscados en todos los sustratos disponibles (ramas, rocas, troncos, suelo, cavidades y cuerpos de agua, de ser el caso) y se revisaron otras estructuras que estuvieron en el campo de visión con la finalidad de observar a los organismos.

Se realizaron transectos lineales, donde se registraron todos los organismos observados. De acuerdo con las condiciones observadas en campo y a la complejidad que priva en la región en cuanto a la propiedad y posesión de terrenos, la longitud de cada transecto procuró mantenerse de 100 m de acuerdo con la penetrabilidad o accesibilidad de cada uno, los factores diversos que ocasionaron su longitud fueron:

1) La presencia de predios privados, donde el acceso se dificulta;
2) Presencia de cobertura vegetal densa
3) Inundaciones.

La mayoría de las especies de anfibios presentan mayor actividad después del ocaso, por lo que su búsqueda a horas diurnas resulta poco productiva, contrario a los reptiles, que su avistamiento obedece a horas de mayor temperatura ambiental, pues depende de su temperatura corporal (De la Maza, 2013). Con el objetivo de cubrir los horarios de actividad de los anfibios y reptiles con diferentes hábitos, y obtener todos los registros posibles.

Los recorridos se realizaron en los horarios crepusculares posterior a la puesta del sol entre las 18:00 y las 22:00 h (Gallina y López-González, 2011), que corresponde a los horarios de mayor actividad para el grupo de anfibios, a través de la vegetación y en cuerpos de agua, de ser el caso. De forma simultánea se realizó la búsqueda activa de los organismos en sitios con características específicas del hábitat (microhábitat), aumentando de esta manera las probabilidades de su encuentro, como fue la búsqueda debajo de troncos, piedras, hojarasca, grietas, etc.

Asimismo, se realizaron bandas auditivas, dentro de los transectos. Esta técnica consiste en contar los machos que "cantan/croar" a lo largo de un transecto de una longitud predeterminada, cuyo ancho varía de acuerdo con la distancia de detección del canto de la especie focal; es decir, la distancia máxima a la cual el animal puede ser escuchado por el observador. Esta técnica es muy útil en ecosistemas complejos como las selvas tropicales donde existe una elevada riqueza, varios estratos verticales y muchos microhábitats

CONSULTA PÚBLICA



potenciales. Este es un método eficiente, muy poco dispendioso, en donde se registran con la misma facilidad las especies arborícolas, las crípticas, las fosoriales y de la hojarasca, y puede ser realizado por un solo investigador

Todos los registros se anotaron en el formato correspondiente, registrando las coordenadas geográficas con ayuda de un geoposicionador (GPS) y, cuando fue posible, se tomó evidencia fotográfica. Para llevar a cabo la correcta identificación de los ejemplares observados, se utilizó el Manual de identificación de la Herpetofauna de México (González-Hernández, *et al.,* 2021), la Claves ilustradas para su identificación Anfibios y reptiles de México, Claves de Casas Andreu de 1979.

El esfuerzo de muestreo para este grupo taxonómico durante el trabajo en campo se consideró en términos de horas/hombre, para calcular el esfuerzo se multiplicó el número de horas empleadas en la búsqueda de herpetofauna, por el número de personas involucradas y por número de recorridos totales, esto fue similar en cada temporada de muestreo (lluvias y secas). De esta manera se obtiene un esfuerzo de muestreo de 900 horas /hombres totales.

$$Horas\ totales\ X\ No.personas\ X\ No.total\ recorridos\ =\ Esfuerzo\ de\ muestreo$$

Se hace la aclaración que los registros indirectos (partes de animales y registros auditivos) se consideraron en función de cada transecto, es decir, por cada conjunto de algún canto o croar se registró un individuo de la especie correspondiente, esto a lo largo de cada transecto, con el objetivo de evitar una duplicidad en la información.

- **Reptiles**

La metodología empleada para reptiles sigue lo propuesto por diversos autores (De la Maza *et al.*, 2013) que al igual que la de anfibios determinan su efectividad en términos de esfuerzos y costes, además de ser adecuados para la herpetofauna.

Para ello, se realizaron 24 transectos lineales en RE y 22 en AP, en donde se registraron todos los organismos observados. La longitud de cada transecto procuró mantenerse de 100 m por 10 m de ancho; en algunas ocasiones los transectos son más largos o cortos, esta variación se debe a diversos factores.

El avistamiento de reptiles obedece a horas donde estos suelen salir de sus refugios para termoregularse, ya que son organismos ectotermos, lo cual quiere decir que requieren de fuentes externas de calor para regular su temperatura, por lo que es relevante considerar su ecofisiología para llevar a cabo muestreos en campo. Una de las estrategias más sobresalientes de estos organismos es evitar los momentos más cálidos del día, las altas temperaturas podrían causar sobrecalentamiento y daños inclusive letales, por este motivo las especies suelen presentar un patrón bimodal de actividad en el cual salen durante la mañana y por la tarde noche, incluso durante el crepúsculo donde hay alta calidad térmica (Lara, et al. 2015).

CONSULTA PÚBLICA



De forma simultánea se realizó la búsqueda activa de los organismos en sitios con características específicas del hábitat (microhábitat). En zonas desérticas las especies de reptiles basan la selección de microhábitats basados principalmente en las propiedades térmicas, más aún incluso que la disponibilidad de recursos como fuente de alimento y agua (Cromwell, 2023), ya que como se mencionó con anterioridad estas especies al ser organismos ectotermos requieren de fuentes externas para regular su temperatura, es por ello que suelen buscar áreas para refugiarse como lo son arbustos, madrigueras, grietas y otros tipos de vegetación que contribuyen en la heterogeneidad del hábitat, considerando esto se realizaron los muestreos en los transectos lineales de 100 m por 10 m de ancho llevando a cabo una búsqueda intensiva en las áreas más probables donde se pudiesen encontrar estos organismos.

Para la captura de reptiles se utilizaron guantes, ganchos, pinzas herpetológicas y lazadas de cuerda delgada sujeta al extremo de una vara o de una caña de pescar debido a que es una técnica muy efectiva para atrapar por el cuello a lagartijas de diversos tamaños y de comportamiento huidizo, como se muestra en la siguiente figura. Además, se utilizaron bolsas de tela para almacenar temporalmente algunos ejemplares que necesitaban ser determinados taxonómicamente con la ayuda de guías de campo y claves taxonómicas (Lee, 1996), estos organismos capturados después de su identificación fueron liberados en el mismo sitio de captura. Para llevar a cabo la correcta identificación de los ejemplares observados se utilizó el Manual de identificación de la Herpetofauna de México (González-Hernández 2021), y la Claves ilustradas para la identificación de anfibios y reptiles de México, de Casas Andreu de 1979.

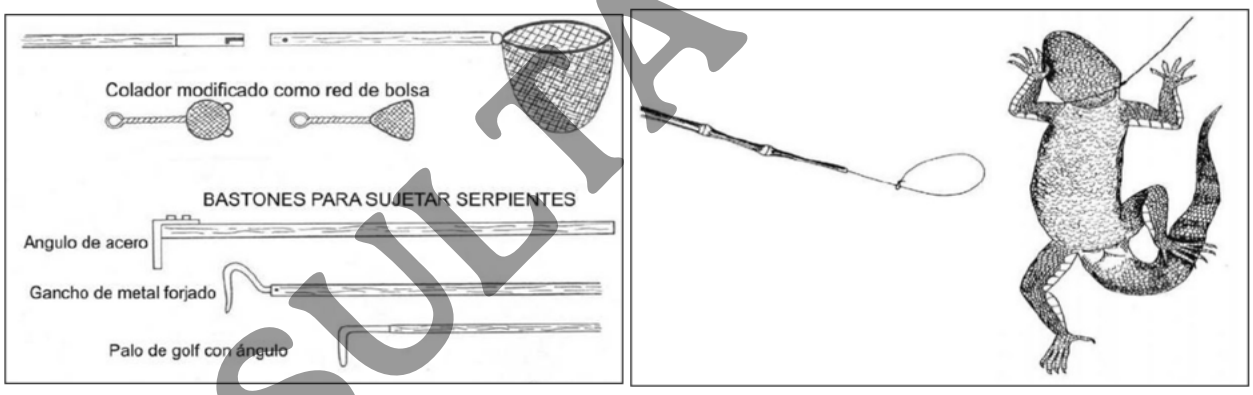


Figura III.172. **Herramientas utilizadas para realizar la búsqueda activa.**

El esfuerzo de muestreo para este grupo taxonómico durante el trabajo en campo se consideró en términos de horas/hombre, para calcular el esfuerzo se multiplicó el número de horas empleadas en la búsqueda de herpetofauna, por el número de personas involucradas y por número de recorridos totales, esto fue similar en cada temporada de muestreo (lluvias y secas). De esta manera se implementaron los muestreos en las 7 horas mencionadas anteriormente que son en las que existe una mayor actividad de los organismos, con 4 personas en los 24 transectos, obteniendo un esfuerzo de muestreo de 672 horas /hombres totales.

$$Horas\ totales\ X\ No.personas\ X\ No.total\ recorridos\ =\ Esfuerzo\ de\ muestreo$$

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.173. **Búsqueda activa de individuos de herpetofauna (anfibios y reptiles). Elaboración propia.**



- **Aves**

El método de muestreo por transectos lineales, comúnmente utilizado para comparar la diversidad de las aves en distintos hábitats, de acuerdo con Gallardo (2010) tiene la ventaja de simplificar la selección al azar de los puntos en el espacio, estar bien documentado y facilitar el análisis de los datos, no requiere de capacitaciones largas o costosas y es barato en términos de costos del equipo ya que requiere únicamente de los ojos y oídos del observador, además de un par de binoculares para la identificación de las especies, un cuaderno y un GPS para anotar la ubicación exacta de la posición del transecto.

Para describir la distribución, abundancia y riqueza de las especies de aves se utilizó el muestreo por 24 transectos lineales en la RE y 22 en el AP, de 100 metros con un ancho de banda (faja) de 10 m (5 m por lado). Se trazaron transectos distribuidos a lo largo de la RE, procurando incluir una variedad de hábitats (Wunderle, 1994).

Los recorridos en los transectos iniciaron en las horas de mayor actividad de las aves (07:00 a 10:00 h y 17:00 a las 19:00 h), en donde se utilizó principalmente el método de observación directa (visual) e indirecta (auditiva).

De acuerdo con la metodología, una vez en el sitio definido se seleccionó al azar la dirección de partida y el observador caminó a velocidad constante y en línea recta el llamado transecto, donde se registraron todos los organismos observados o escuchados dentro de la faja con el fin de asegurar la identificación y el registro de todos los individuos presentes en su interior, tal como lo sugiere Wunderle (1994).

Durante los muestreos se registraron datos de los individuos observados, como la especie y el número de individuos, además de datos del sitio como la hora de inicio y final, coordenadas de ubicación del transecto (inicio y final), tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros. Igualmente, se realizó el registro de nidos (método indirecto) dentro del ancho de banda, así como el registro directo de los individuos que estuvieran fuera del ancho de banda para verificar la presencia de las especies e incluirlas en los listados taxonómicos.

La identificación de las especies observadas y capturadas se realizó con ayuda de las guías de campo para especies residentes (Howell y Webb, 1995) y para especies migratorias (National Geographic society, 1987 y Sibley, 2014). La nomenclatura empleada fue la establecida por CONABIO (2022b). La vigencia de los nombres científicos de los organismos identificados se comprobó con el listado de la American Ornithological Society (2026).

El esfuerzo de muestreo para este grupo taxonómico durante el trabajo en campo se consideró en términos de horas/hombre, para calcular el esfuerzo se multiplicó el número de horas empleadas en la búsqueda de la avifauna, por el número de personas involucradas y por número de recorridos totales, esto fue similar en cada temporada de muestreo (lluvias y secas). De esta manera se obtiene un esfuerzo de muestreo de 900 horas /hombres totales.

Se hace la aclaración que los registros indirectos (registros auditivos) se consideraron en función de cada transecto, es decir, por cada conjunto de algún canto se registró un individuo de la especie correspondiente, esto a lo largo de cada transecto, con el objetivo de evitar una duplicidad en la información.

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.174. **Registro de especies de aves a través de los transectos. Elaboración propia.**

COPIA

- **Mamíferos**

Para la mastofauna, se emplearon diferentes métodos para su estudio, los cuales fueron transectos lineales (Díaz-Pulido, *et al.* 2012; Serna-Lagunes *et.al.*, 2019; Pech-Canché, 2010). La implementación de los transectos permite conocer la riqueza específica, densidad y abundancia relativa de un determinado grupo faunístico, en un sitio particular (Aranda, *et al.*, 2012). Mediante el establecimiento de recorridos en líneas predeterminadas, se establecen conteos de especies mediante la observación directa o la búsqueda de rastros (Gallina y López-González, 2011).

Los transectos se efectuaron en modalidad diurna con una longitud de 50 m por 10 m de ancho. En total, se establecieron **24 dentro de la RE y 22 dentro del AP**, los cuales se realizaron en horarios matutinos, vespertinos y nocturnos de 7:00 h-11:00 h y de 17:00 a 22:00 h. Para el registro de mamíferos medianos y grandes en los transectos, se buscaron zonas con senderos naturales con posibilidad de observar rastros (huellas, excretas, restos, pelos, etc.) así como la observación directa de los organismos que pudieran estar descansando o desarrollando alguna otra actividad dentro del sitio (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012).



Figura III.175. Ejemplo de huellas de *Canis latrans* (Coyote).



Figura III.176. Registro de excreta de mamífero en campo. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



A continuación, se muestran las coordenadas de ubicación del punto inicial y final de los transectos en el sistema de coordenadas UTM WGS 84 Zona 13N, para el registro de los cuatro grupos de fauna correspondientes a vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), así mismo se presenta adjunta la información en la siguiente tabla.

Tabla III.147. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en la RE para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia.

Transecto lineal	Inicio		Final	
	Este X	Norte Y	Este X	Norte Y
TL-1	706946.3536	2285843.3607	707019.0106	2285774.6516
TL-2	706827.5328	2285692.7408	706905.7064	2285755.1016
TL-3	706672.5419	2285859.0759	706736.3832	2285936.0453
TL-4	706748.5625	2285989.8625	706814.0111	2286065.4700
TL-5	706882.4574	2285659.4989	706982.4569	2285659.8074
TL-6	697908.8340	2281570.0947	697965.8609	2281652.2405
TL-7	697897.8023	2281390.1289	697954.8292	2281472.2747
TL-8	698034.1790	2281647.2705	698134.1785	2281647.5790
TL-9	693347.3856	2279371.5952	693404.4124	2279453.7410
TL-10	693392.3030	2279405.0509	693491.9339	2279413.6345
TL-11	711546.5734	2289197.6603	711502.1468	2289108.0709
TL-12	711424.5663	2288901.5392	711371.3772	2288816.8579
TL-13	721332.1825	2295779.0848	721287.7558	2295689.4953
TL-14	721038.0508	2295915.6957	720993.6241	2295826.1062
TL-15	720841.4078	2295889.3970	720796.9812	2295799.8075
TL-16	731722.6074	2307920.6375	731678.1807	2307831.0480
TL-17	731258.4091	2307954.0932	731213.9824	2307864.5038
TL-18	730971.2473	2307901.1217	730926.8207	2307811.5322
TL-19	778452.6985	2301453.4263	778408.2719	2301363.8368
TL-20	781767.9985	2301336.1652	781723.5718	2301246.5757
TL-21	781978.1423	2301384.7805	781933.7157	2301295.1911
TL-22	800631.4581	2306081.2690	800587.0314	2305991.6795
TL-23	778625.2047	2301353.0590	778580.7780	2301263.4696
TL-24	778819.6662	2301385.2079	778775.2395	2301295.6185

Tabla III.148. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en el AP para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia.

Transecto	Inicio		Final	
	Este X	Norte Y	Este X	Norte Y
TL-1	706677.2119	2285714.4573	706725.1159	2285802.2366
TL-2	706774.6555	2285776.9957	706822.5595	2285864.7750
TL-3	706882.2797	2285859.8955	706930.1838	2285947.6748
TL-4	706930.9288	2285983.0089	706978.8328	2286070.7882
TL-5	707008.3746	2286025.5496	707056.2787	2286113.3289

CONSULTA PÚBLICA



Transecto	Inicio		Final	
	Este X	Norte Y	Este X	Norte Y
TL-6	697962.0721	2281160.2732	698015.5080	2281244.7990
TL-7	698040.3985	2281277.5232	698088.3026	2281365.3025
TL-8	698232.3958	2281591.3186	698287.6591	2281674.6611
TL-9	693442.5761	2279334.3418	693532.0188	2279379.0632
TL-10	693546.1798	2279392.0179	693635.6225	2279436.7393
TL-11	778687.2351	2301471.2262	778784.0550	2301446.2082
TL-12	778397.2546	2301544.5077	778495.6013	2301526.3988
TL-13	720993.1465	2295661.6361	721041.0506	2295749.4154
TL-14	721441.4597	2295992.1443	721489.3638	2296079.9236
TL-15	721181.3072	2295795.8028	721229.2112	2295883.5821
TL-16	731516.3568	2307289.1957	731600.4564	2307343.2997
TL-17	731778.1085	2307519.8376	731847.0478	2307592.2764
TL-18	731961.4190	2307695.1968	732037.6829	2307759.8793
TL-19	778548.0060	2301509.1301	778643.7254	2301480.1855
TL-20	781657.3293	2301359.4038	781755.4126	2301378.8887
TL-21	781852.1831	2301380.4875	781946.3337	2301414.1871
TL-22	800509.3071	2306129.9277	800603.4577	2306163.6273

Trampas Tomahawk y Sherman

De manera complementaria se utilizaron 24 trampas Sherman en la RE y 22 en el AP, y 24 trampas tipo Tomahawk en la RE y 22 en el AP, para el registro de mamíferos de talla mediana (Romero-Almaraz, *et al.*, 2000), cuyas coordenadas UTM WGS84 zona 13 se muestran en las siguientes tablas. La selección de la ubicación de las trampas Sherman y Tomahawk fue basada en la presencia de evidencias de actividad animal como senderos, áreas de alimentación y abrevaderos. Las trampas fueron colocadas al atardecer y se cebaron con fruta o restos de pescado para atraer tanto mamíferos omnívoros como carnívoros, se colocaron antes de la puesta de sol y se revisaron al amanecer para reducir el riesgo de estrés o exposición al sol de los organismos capturados. Durante las revisiones se documentaron indicadores biológicos y se liberó inmediatamente a los individuos tras su identificación, asegurando así un protocolo ético y efectivo para validar la presencia de especies en el área.

CONSULTA PÚBLICA

a)



b)

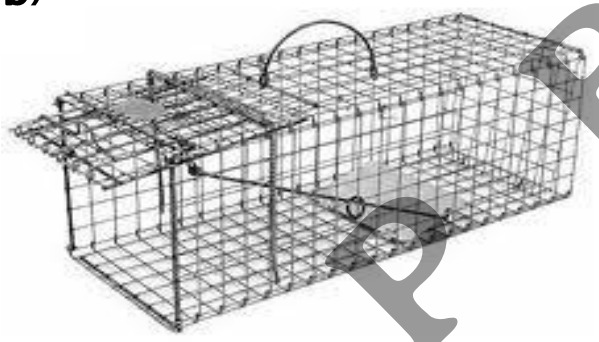


Figura III.177. **a) Trampa Sherman, b) Trampa Tomahawk. Elaboración propia.**

Para el registro de mamíferos pequeños, principalmente ratas y ratones, se colocaron 24 trampas Sherman en la RE y 22 en el AP, las cuales fueron ampliamente distribuidas dentro de las zonas de estudio. Cada trampa se cebó con una mezcla de avena y extracto de vainilla, estas se colocaron debajo de maleza o en oquedades que redujeran la exposición al sol de las trampas. Todas las trampas se activaron antes de la puesta del sol y supervisadas al amanecer para realizar la identificación de las especies capturadas y su posterior liberación.

CONSULTA PÚBLICA

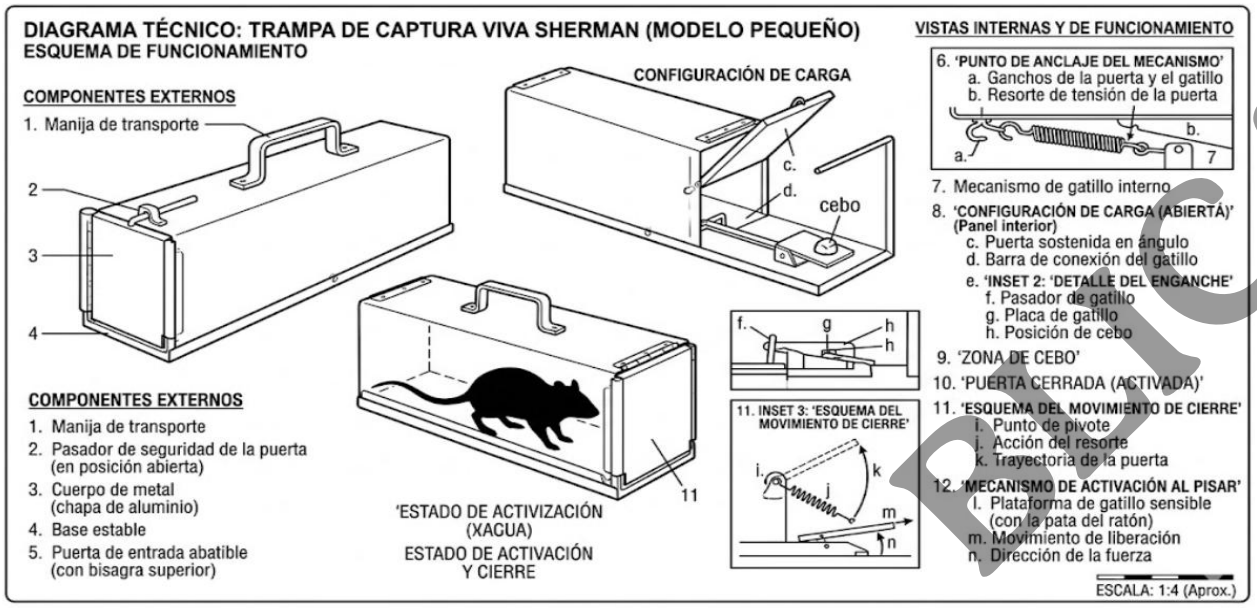


Figura III.178**. Diagrama técnico del uso de Trampas Sherman. Elaboración propia.**

Mientras que, para el registro de mamíferos de talla mediana, se colocaron 24 trampas Tomahawk en la RE y 22 en AP, las cuales fueron ampliamente distribuidas dentro de las zonas de estudio. Cada trampa se cebó con sardinas o fruta, estas se colocaron debajo de maleza o en oquedades que redujeran la exposición al sol de las trampas. Todas las trampas se activaron antes de la puesta del sol y supervisadas al amanecer para realizar la identificación de las especies capturadas y su posterior liberación.

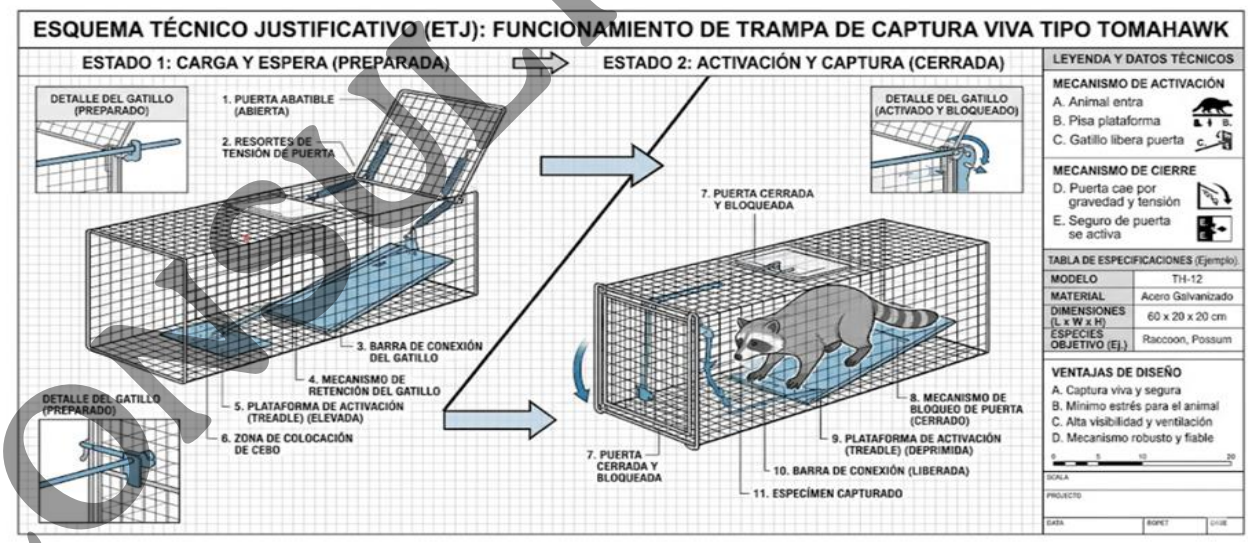


Figura III.179**. Diagrama técnico: Funcionamiento de Trampas Tomahawk. Elaboración propia.**

Los individuos capturados se manipularon mediante el uso de guantes de carnaza y se registraron los datos morfométricos para su identificación taxonómica a través de guías especializadas. Los organismos observados y rastros (huellas y excretas) se identificaron a

CONSULTA PÚBLICA

nivel de especie a través de guías especializadas (Aranda-Sánchez, 2012; Contreras-Moreno et al., 2020). En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de ubicación de las trampas Tomahawk y Sherman.

Tabla III.149. **Ubicación de Trampas Tomahawk de fauna en la RE en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia.**

Trampa Tomahawk	Este X	Norte Y
TT-1	706946.3536	2285843.3607
TT-2	706827.5328	2285692.7408
TT-3	706672.5419	2285859.0759
TT-4	706748.5625	2285989.8625
TT-5	706882.4574	2285659.4989
TT-6	697908.8340	2281570.0947
TT-7	697897.8023	2281390.1289
TT-8	698034.1790	2281647.2705
TT-9	693347.3856	2279371.5952
TT-10	693392.3030	2279405.0509
TT-11	711546.5734	2289197.6603
TT-12	711424.5663	2288901.5392
TT-13	721332.1825	2295779.0848
TT-14	721038.0508	2295915.6957
TT-15	720841.4078	2295889.3970
TT-16	731722.6074	2307920.6375
TT-17	731258.4091	2307954.0932
TT-18	730971.2473	2307901.1217
TT-19	778452.6985	2301453.4263
TT-20	781767.9985	2301336.1652
TT-21	781978.1423	2301384.7805
TT-22	800631.4581	2306081.2690
TT-23	778625.2047	2301353.0590
TT-24	778819.6662	2301385.2079

Tabla III.150. **Ubicación de Trampas Tomahawk de fauna en el AP en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia.**

Trampa Tomahawk	Este X	Norte Y
TT-1	706677.2119	2285714.4573
TT-2	706774.6555	2285776.9957
TT-3	706882.2797	2285859.8955
TT-4	706930.9288	2285983.0089
TT-5	707008.3746	2286025.5496
TT-6	697962.0721	2281160.2732
TT-7	698040.3985	2281277.5232
TT-8	698232.3958	2281591.3186
TT-9	693442.5761	2279334.3418
TT-10	693546.1798	2279392.0179
TT-11	778687.2351	2301471.2262
TT-12	778397.2546	2301544.5077

CONSULTA PÚBLICA



Trampa Tomahawk	Este X	Norte Y
TT-13	720993.1465	2295661.6361
TT-14	721441.4597	2295992.1443
TT-15	721181.3072	2295795.8028
TT-16	731516.3568	2307289.1957
TT-17	731778.1085	2307519.8376
TT-18	731961.4190	2307695.1968
TT-19	778548.0060	2301509.1301
TT-20	781657.3293	2301359.4038
TT-21	781852.1831	2301380.4875
TT-22	800509.3071	2306129.9277

Tabla III.151. **Ubicación de Trampas Sherman de fauna en la RE en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia.**

Trampa Sherman	Este X	Norte Y
TS-1	707019.0106	2285774.6516
TS-2	706905.7064	2285755.1016
TS-3	706736.3832	2285936.0453
TS-4	706814.0111	2286065.4700
TS-5	706982.4569	2285659.8074
TS-6	697965.8609	2281652.2405
TS-7	697954.8292	2281472.2747
TS-8	698134.1785	2281647.5790
TS-9	693404.4124	2279453.7410
TS-10	693491.9339	2279413.6345
TS-11	711502.1468	2289108.0709
TS-12	711371.3772	2288816.8579
TS-13	721287.7558	2295689.4953
TS-14	720993.6241	2295826.1062
TS-15	720796.9812	2295799.8075
TS-16	731678.1807	2307831.0480
TS-17	731213.9824	2307864.5038
TS-18	730926.8207	2307811.5322
TS-19	778408.2719	2301363.8368
TS-20	781723.5718	2301246.5757
TS-21	781933.7157	2301295.1911
TS-22	800587.0314	2305991.6795
TS-23	778580.7780	2301263.4696
TS-24	778775.2395	2301295.6185

Tabla III.152. **Ubicación de Trampas Tomahawk de fauna en el AP en proyección UTM WGS84 Zona 13N. Elaboración propia.**

Trampa Sherman	Este X	Norte Y
TS-1	706725.1159	2285802.2366
TS-2	706822.5595	2285864.7750
TS-3	706930.1838	2285947.6748

CONSULTA PÚBLICA





Trampa Sherman	Este X	Norte Y
TS-4	706978.8328	2286070.7882
TS-5	707056.2787	2286113.3289
TS-6	698015.5080	2281244.7990
TS-7	698088.3026	2281365.3025
TS-8	698287.6591	2281674.6611
TS-9	693532.0188	2279379.0632
TS-10	693635.6225	2279436.7393
TS-11	778784.0550	2301446.2082
TS-12	778495.6013	2301526.3988
TS-13	721041.0506	2295749.4154
TS-14	721489.3638	2296079.9236
TS-15	721229.2112	2295883.5821
TS-16	731600.4564	2307343.2997
TS-17	731847.0478	2307592.2764
TS-18	732037.6829	2307759.8793
TS-19	778643.7254	2301480.1855
TS-20	781755.4126	2301378.8887
TS-21	781946.3337	2301414.1871
TS-22	800603.4577	2306163.6273

CONSULTA PÚBLICA





Figura III.180. **Evidencia de colocación de Trampas Sherman para el registro de fauna. Elaboración propia.**



Figura III.181. **Evidencia de colocación de Trampas Tomahawk para el registro de fauna. Elaboración propia.**

Redes de niebla

Los murciélagos son animales pequeños, nocturnos y voladores, lo que los convierte en seres muy discretos, difíciles de observar y que pasan fácilmente desapercibidos. Por estas razones, los estudios que se realizan sobre ellos requieren metodologías bastante especializadas que, en muchos casos, son exclusivas de este grupo. Dentro del área de la CH existe una probabilidad baja de encontrarlos, ya que los registros de la cuenca hidrográfica no los incluyen dentro de su fauna potencial así mismo durante las visitas a campo para el establecimiento de los transectos lineales no se observaron especies, esto puede deberse a las altas temperaturas y a la baja probabilidad de encontrar refugios adecuados en este tipo de vegetación.

Para los mamíferos voladores se recomienda utilizar redes de niebla para su manejo y reubicación las cuales deben de ser verificadas cada día en horarios nocturnos y matutinos para visualizar si existe algún ejemplar, sin embargo, la captura y la manipulación de murciélagos suponen una importante fuente de estrés y otros tipos de molestias para estos animales, por lo que deben restringirse a situaciones en que sean estrictamente necesarias. Para ello se implementaron **10 redes de niebla** en diferentes transectos establecidos dentro de la RE y 10 dentro del AP.

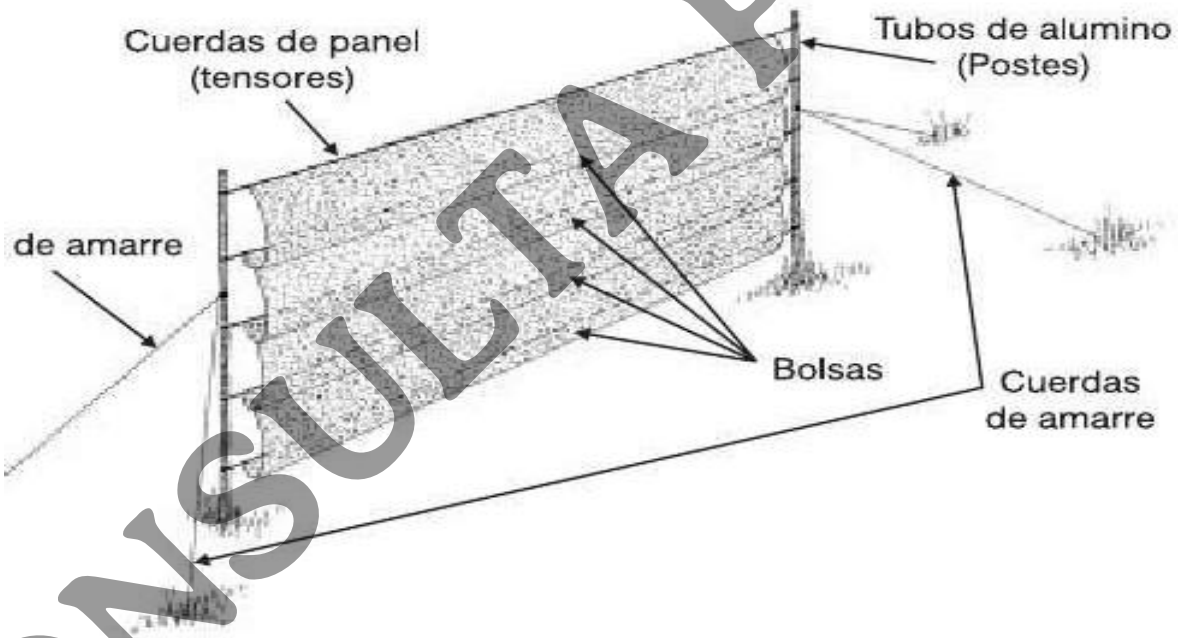


Figura III.182**. Diagrama técnico: Funcionamiento de Redes niebla. Elaboración propia.**

Debido a ello las especies de quirópteros serán sujetas a el programa de ahuyentamiento y se tomarán medidas de prevención, mediante estímulos auditivos para asegurar que no haya ejemplares dentro del área del proyecto. Por otra parte, en lo que respecta a su biología para contribuir en su conservación y permanencia en las áreas aledañas serán reubicadas en regiones que presenten la misma vegetación y un hábitat potencial para su desarrollo.

CONSULTA PÚBLICA



Figura III.183. **Colocación de redes de niebla para la captura de animales nocturnos. Elaboración propia.**



c) Análisis para la confiabilidad estadística

c.1) Curva de Acumulación de Especies (CAE)

A continuación, se presentan los modelos utilizados, bajo el supuesto de que cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado. Se emplean generalmente cuando no tenemos datos del número de especies, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal, H. M. *et al.,* (2004).

- Chao 1 (Chao 1 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

- Chao 2 (Chao 2 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

- Bootstrap (Bootstrap Mean en el programa EstimateS).

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie.

- ***Resultados para la RE y el AP***

Se presentan los valores resultantes de la CAE de los grupos de vertebrados terrestres muestreados tanto en la RE como en el AP, destacando que todos presentan una representatividad arriba del 80 %, por lo indica la literatura para considerar **CONFIABLE** el muestreo.

Tabla III.153. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) para la RE. Elaboración propia.

Sitio de muestreo	Riquza (S)	Chao 1 Mean	% de registro	Chao 2 Mean	% de registro	Jack 1	% de registro	Bootstrap Mean	% de registro	Promedio
Anfibios	3	3	100.00	3	100.00	3	100.00	3.26	92.02	**98.01**
Reptiles	6	6	100.00	6	100.00	6	100.00	6.34	94.64	**98.66**
Aves	59	59.1	99.83	59.24	99.59	61.88	95.35	62.21	94.84	**97.40**
Mamíferos	3	3	100.00	3	100.00	3	100.00	3.29	91.19	**97.80**

Tabla III.154. Resultantes de la curva de acumulación de especies (CAE) para el AP. Elaboración propia.

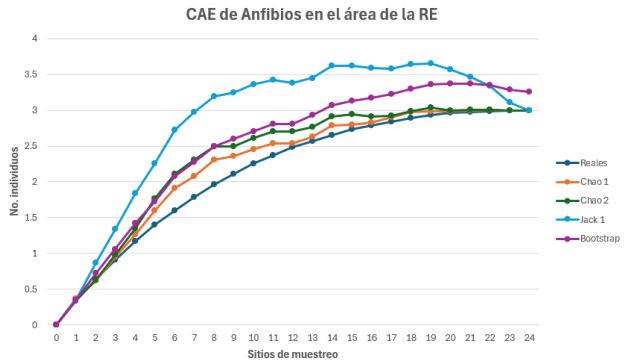
Sitio de muestreo	Riquza (S)	Chao 1 Mean	% de registro	Chao 2 Mean	% de registro	Jack 1	% de registro	Bootstrap Mean	% de registro	Promedio
Anfibios	1	1	100.00	1	100.00	1	100.00	1.12	89.29	**97.32**
Reptiles	3	3	100.00	3	100.00	3	100.00	3.26	92.02	**98.01**
Aves	46	46.07	99.85	46.36	99.22	49.82	92.33	49.78	92.41	**95.95**
Mamíferos	2	2	100.00	2	100.00	2	100.00	2.25	88.89	**97.22**

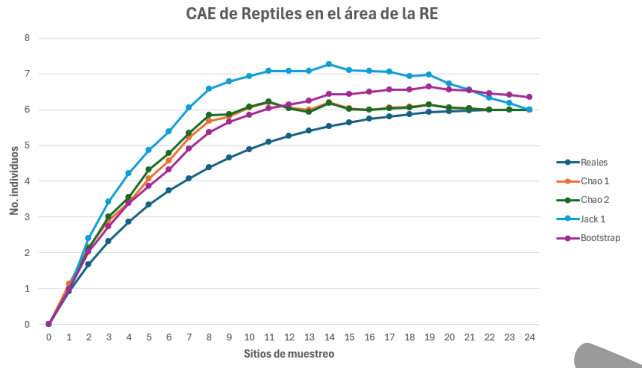
CONSULTA PÚBLICA

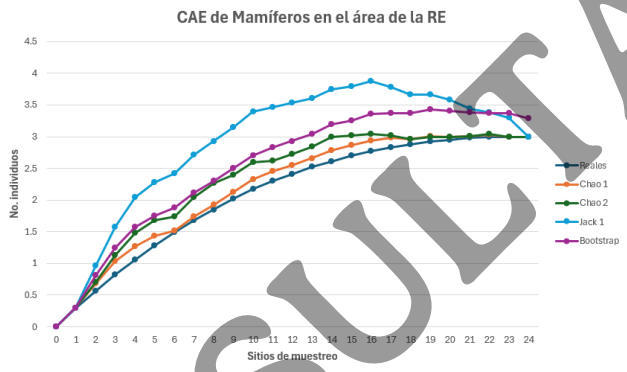


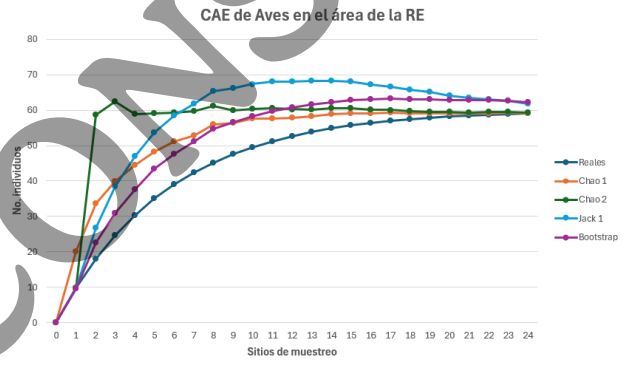


Región Ecológica (RE)

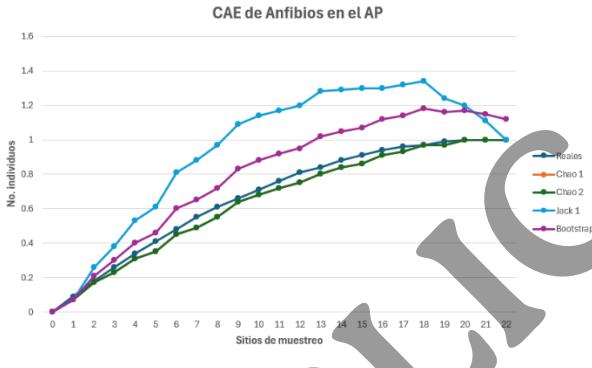


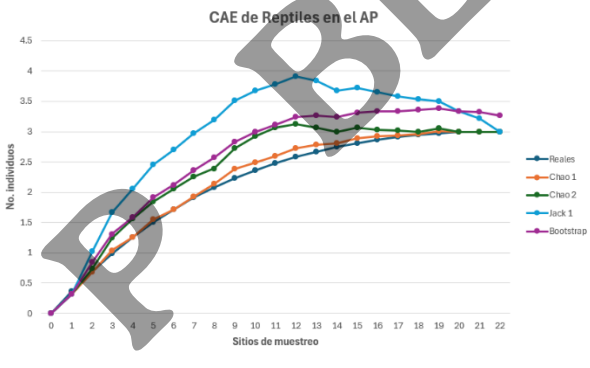


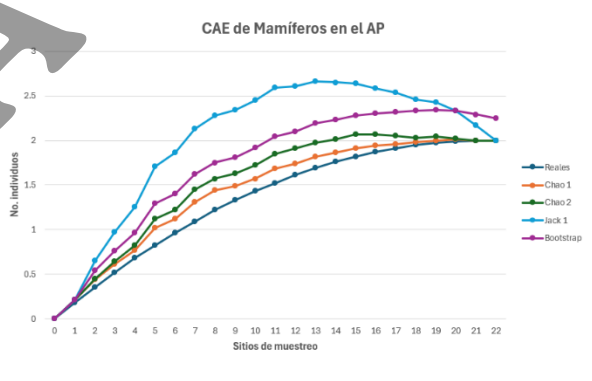


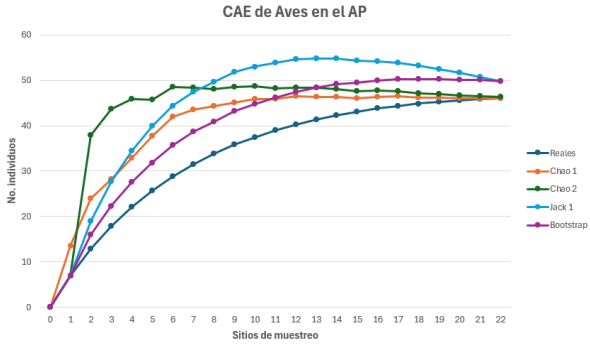


Área de Proyecto (AP)









CONSULTA PÚBLICA

Figura III.184. CAEs de RE y AP. Elaboración propia. Elaboración propia.





d) Análisis de la información para la caracterización de la fauna

d.1) Descripción de la fauna potencial

Descripción generada a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1901 y 2024 (123 años de registros históricos), con la finalidad de obtener un listado de la fauna presente dentro de la RE y AP. Asimismo, se realizó un conteo de puntos de registros de especies de a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 2.5 kilómetros.

d.2) Descripción de la fauna a través de muestreos biológicos

Para este análisis, se agruparon a las especies por grupo de vertebrado terrestre (anfibios, aves, mamíferos y reptiles) para identificar la riqueza de especies de manera general y desarrollando una descripción puntual. Además, se analizarán los grados de riesgo de las especies contrastando con la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y Cites, así como su distribución y nivel de endemismo de acuerdo con Enciclovida conforme a los siguiente:

- **Categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)**

Pr

Sujeta a protección especial (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

A

Amenazada (A): Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

P

En peligro de extinción (P): Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

- **Categorías de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internación para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)**

DD

Datos insuficientes (DD): Un taxón se incluye en DD cuando no hay información adecuada para caer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución.

CONSULTA PÚBLICA





Preocupación menor (LC): Un taxón se considera en LC cuando, habiendo sido evaluado, no cumple con ninguno de los criterios que definen las categorías siguientes.

Casi amenazado (NT): Un taxón está NT cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente con criterios superiores, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.

Vulnerable (VU): Un taxón es VU cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción alto en estado silvestre.

En peligro (EN): Un taxón está en EN cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para En Peligro y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción muy alto en estado silvestre.

En peligro crítico (CR): Un taxón está en CR cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para en CR y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado silvestre.

- **Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre** (CITES)

Apéndice I: se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices de la CITES. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. En estos casos excepcionales, puede realizarse la transacción comercial siempre y cuando se autorice mediante la concesión de un permiso de importación y un permiso de exportación (o certificado de reexportación). Además, en el Artículo VII de la Convención se prevén excepciones y otras disposiciones al respecto.

Apéndice II: se incluyen las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación. En el marco de la CITES no es preciso contar con un permiso de importación para esas especies (pese a que en algunos países que imponen medidas más estrictas que las exigidas por la CITES se necesita un permiso).

CONSULTA PÚBLICA



Apéndice III: se incluyen a las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Sólo se autoriza el comercio internacional de especímenes de estas especies previa presentación de los permisos o certificados apropiados.

- **Distribución y endemismo**

Especies Nativas: Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área. Por ejemplo, los ahuehuetes son nativos de México. Las especies nativas tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia y están bien adaptadas a las condiciones locales.

Especies Endémicas: Especie que se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región.

Especie Exótica: Especie introducida fuera de su área de distribución original. Muchas de las especies de plantas ornamentales y de animales domésticos son especies exóticas provenientes de otros continentes.

Especie Exótica-invasora: Las especies exóticas se consideran invasoras cuando que se establecen, reproducen y dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía.

d.3) Descripción de la biodiversidad

Riqueza (S): Para la descripción de la riqueza sólo se atiende a la presencia de las especies en sus diferentes grupos faunísticos.

Abundancia: Aquí se aborda la cantidad de individuos presentes dentro de las zonas analizadas, en diferentes niveles taxonómicos.

Diversidad: La diversidad de especies en cada sitio de muestreo se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural y el índice de dominancia de Simpson (λ), por considerar que son poco sensibles a la presencia de las especies menos abundantes. Adicionalmente, se evaluó el índice de equitatividad de Pielou (J') para comparar la diversidad calculada con el índice de H' y la máxima diversidad que puede albergar el área de estudio (Krebs, 1985; Meave *et al.*, 1992; Catalan-Heverástico *et al.*, 2003, Halffter *et al*, 2007).

Índice de Shannon-Wiener (H')

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; **valores inferiores a 2** se consideran **bajos**, entre **2 y 3.5** se **considera media**, y **superiores a 3.5 son altos**, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más:

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

CONSULTA PÚBLICA



Dónde:

S = número de especies (la riqueza de especies)

Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N.

Índice de dominancia de Simpson (λ)

Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 − λ, en donde entre más cercano es el valor a 0, mayor será la diversidad. Valores entre 0 y 0.2 son considerados como altos, mayores a 0.2 y hasta 0.7 se consideran como medios y superiores a 0.7 se consideran bajos (Lande, 1996). A continuación, se presenta la ecuación para obtener su resultado:

$$\lambda = \sum pi^2$$

Dónde:

pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de equitatividad de Pielou (J')

Este índice permite compara la diversidad esperada con la calculada y determinar un valor que indica la relación que existe entre la intensidad del muestreo y lo que el indicador puntualiza. Valores entre 0 y 0.3 indican una baja equitatividad entre la riqueza esperada y observada, mayores a 0.3 y hasta 0.8 se considera media, y superiores a 0.8 se considera como alta.

$$J' = H'/H'max$$

Dónde:

H'= índice de diversidad de Shannon-Wiener.

H'max = diversidad máxima esperada.

Serie de números de Hill

Donde la derivación de esta ecuación genera diferentes órdenes denominados q. Los tres primeros órdenes (q= 0 ó 1 ó 2) coinciden con las tres medidas más importantes de diversidad; en particular, si q = 0, entonces q0 = S (número total de especie).

Dónde:

pi = abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.
q0= riqueza registrada en campo.
q1 = número de especies abundantes o comunes (eH') (H' es el Índice de Shannon-Weiner).
q2 = número de especies muy abundantes o dominantes = 1/λ (para λ ver el índice de Simpson).
A medida que aumenta el número de especies, las especies más raras tienen menos peso en la muestra y se obtienen valores más bajos de q1 y q2.

CONSULTA PÚBLICA





e) Resultados

A continuación, se presentan los resultados del análisis de la fauna potencial y lo obtenido a través de los muestreos biológicos en campo.

e.1) Fauna potencial dentro de la Región Ecológica (RE)

Mediante la recopilación de registros de especies extraídos desde el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO, se obtuvieron un total de **266,601 registros** para la Región Ecológica (RE), pertenecientes a un total de **1,128 especies potenciales de fauna.**

Los datos obtenidos fueron procesados en el sistema de información geográfica denominado como QGIS 3.40.4, donde se realizó un corte de los registros delimitándolos a la Región Ecológica (RE) para posteriormente realizar un conteo de puntos dentro de los polígonos hexagonales de dimensiones fijas creados a partir de una cuadrícula, cada uno de ellos un alto y un ancho de 6 kilómetros para reflejar tanto la riqueza como la abundancia (según el caso), contenida en cada uno de los polígonos delimitados, así como la distribución de esta misma. Para ello, se establecieron rangos de acuerdo con el número máximo y mínimo de especies (en el caso de riqueza) o individuos (en el caso de abundancia) acumulados en la cuadrícula de polígonos hexagonales distribuidos en la Región Ecológica (RE), de tal modo que se creó un gradiente de acuerdo con el número de especies contenidas en cada uno de estos polígonos.

Como parte de la caracterización del componente fauna, estos resultados se consideran suficientes puesto que permiten analizar la riqueza dentro de esta Región Ecológica a través del **periodo comprendido entre 1897 y 2024 (127 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica. Es por ello que se concluye que esta información es válida para este componente.

En el área de la Región Ecológica (RE) se recopilaron un total de 266,601 registros, de los cuales nada menos que el 95.76% (255,300) de ellos pertenecen al grupo de las aves, convirtiéndolo en el grupo faunístico con mayor abundancia en el área ya que abarca casi la totalidad de dichos registros. En cambio, el resto de los grupos todos juntos representan solamente 4.24% del total de registros, de modo en que los mamíferos cuentan con 5,467 registros (equivalente al 2.05%), los reptiles tienen 3,680 registros (equivalente al 1.38%), y los anfibios con solamente 2,154 registros, equivalentes tan solo el 0.81% de los registros totales.

CONSULTA PÚBLICA



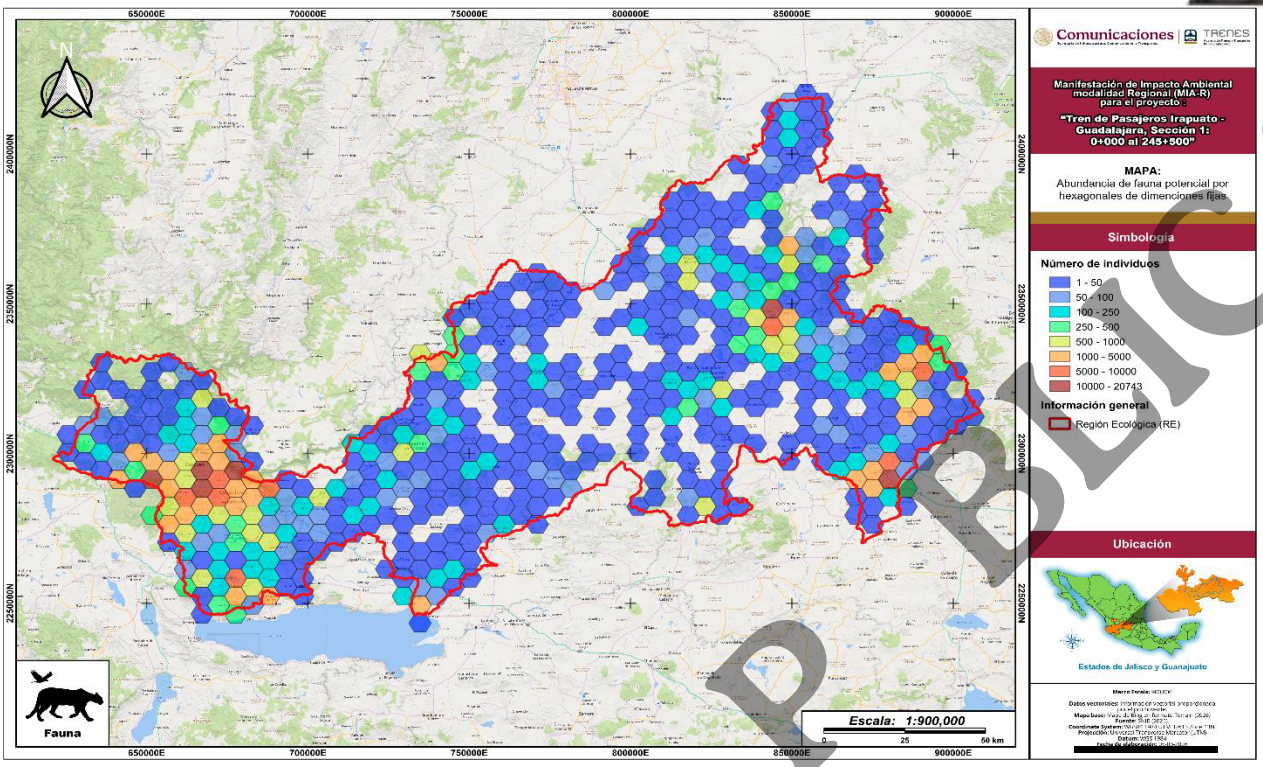
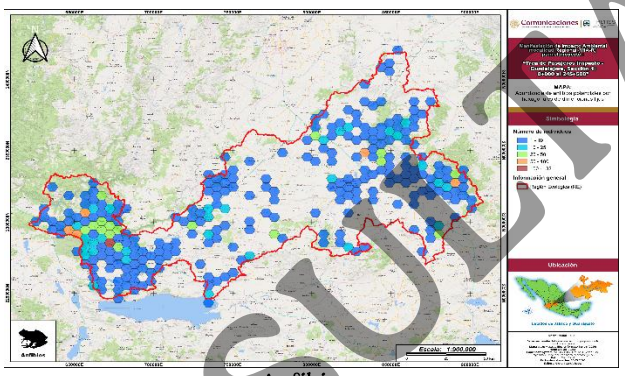
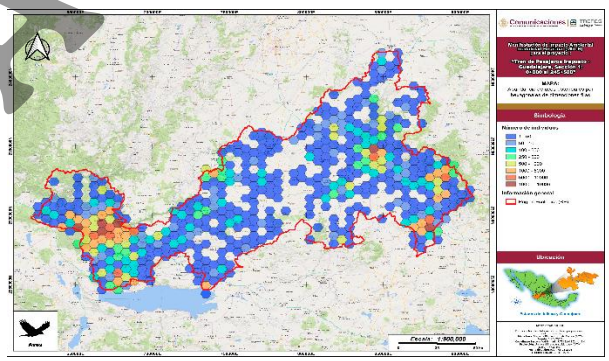


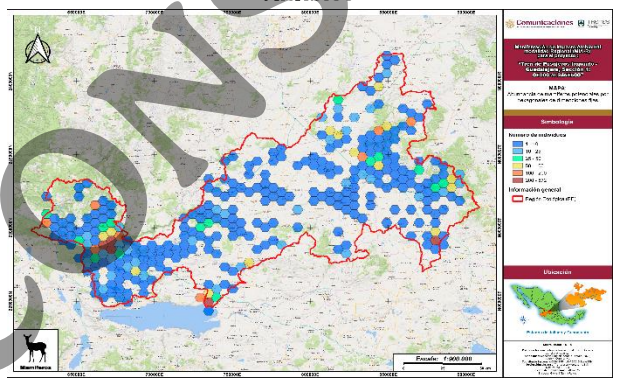
Figura III.185. Registro de abundancias de fauna por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.



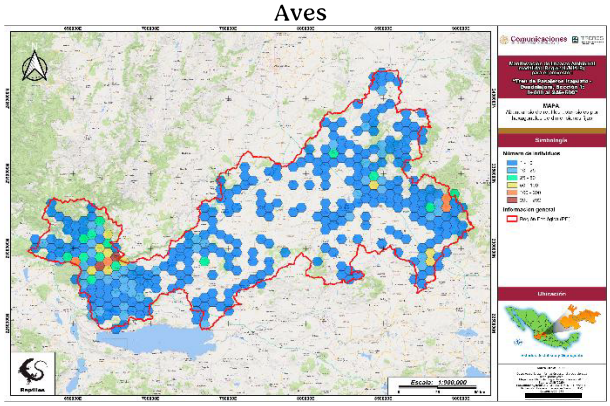
Anfibios



Aves



Mamíferos



Reptiles

Figura III.186. Registro de abundancias por grupo faunístico por hexágono de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Dentro de la fauna potencial, se registraron un total de 1,128 especies distribuidas en 432 géneros, 127 familias y en 4 grupos faunísticos, resultando en 2 especies exóticas (0.18%), 16 exótico-invasoras (1.42%) y 1,110 nativas (98.40%), de las cuales 186 son endémicas (16.49%), 12 cuasiendémicas (1.06%) y 32 semiendémicas (2.83%).

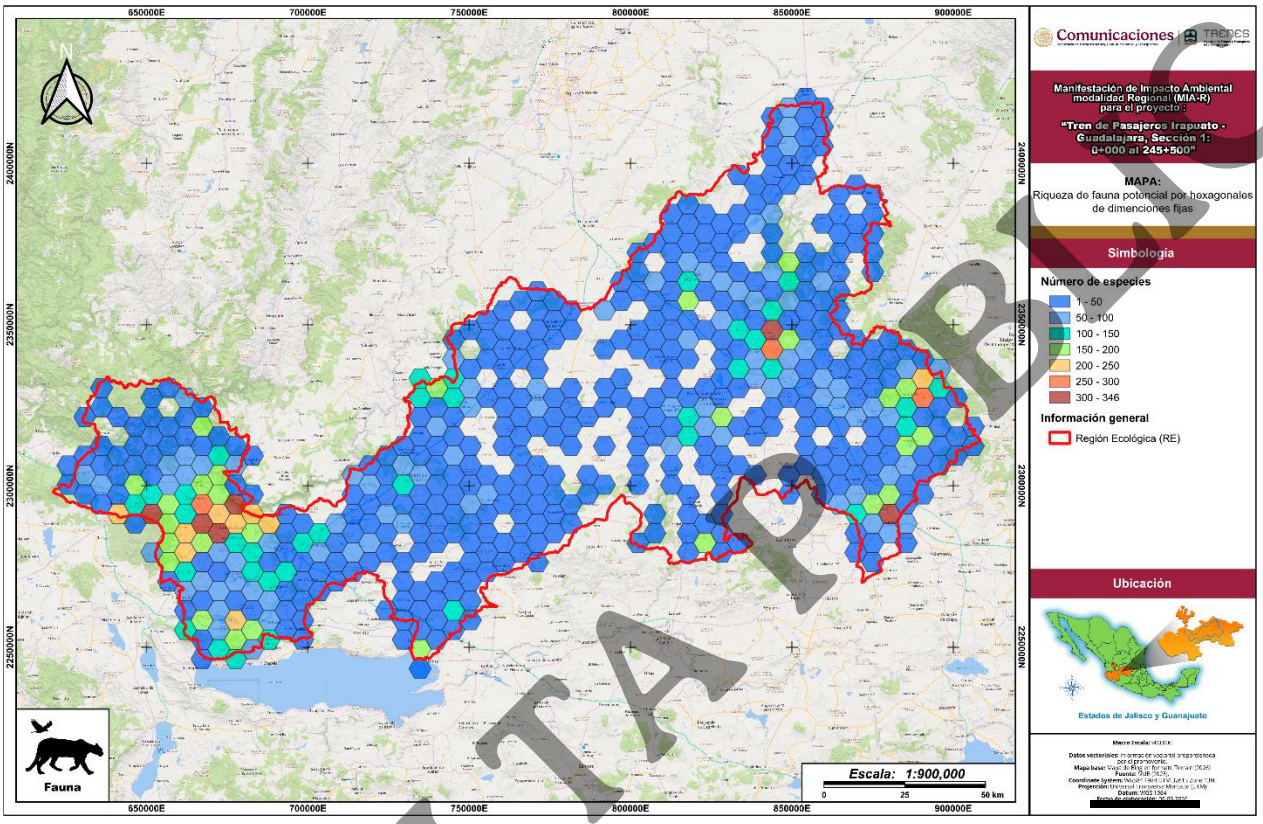
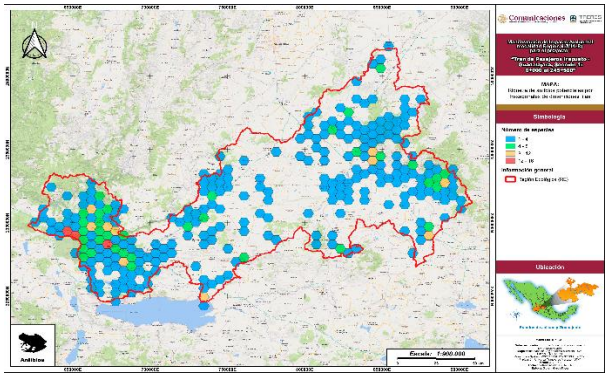


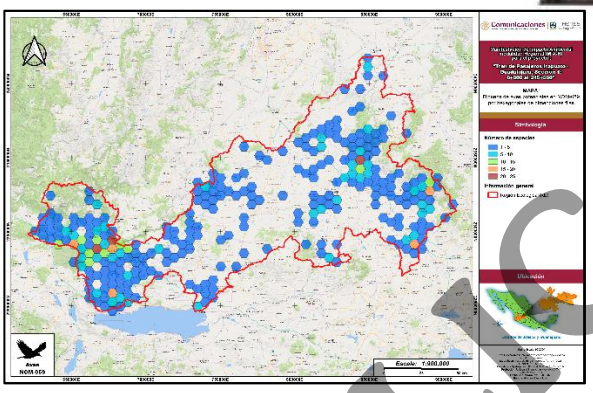
Figura III.187. Registro de riqueza de fauna por hexágonos de dimensiones fijas en la RE.

Del total de especies de fauna registradas en la Región Ecológica, 676 de ellas (equivalente al 59.93%) pertenecen al grupo de las aves, convirtiéndolo por mucho en el grupo faunístico con mayor diversidad en el área. Por otro lado, los mamíferos (Mammalia) son el segundo grupo con mayor riqueza potencial registrada en la RE ya que cuentan con 230 spp. que equivalen al 20.39% de la diversidad total. Así mismo los reptiles (Reptilia) son el siguiente grupo inmediato en cuanto a riqueza, al registrar a 175 especies (15.51%), denotando la diferencia que existe en la riqueza si se le compara con el grupo de las aves. Por último, el grupo de los anfibios (Amphibia), cuenta solamente con 47 especies registradas, equivalentes al 4.16% de las especies totales. Es observable que tal como en el caso anterior de la abundancia, todos los grupos siguieron el mismo patrón jerárquico en cuanto al orden de mayores y menores registros respecto a cada componente.

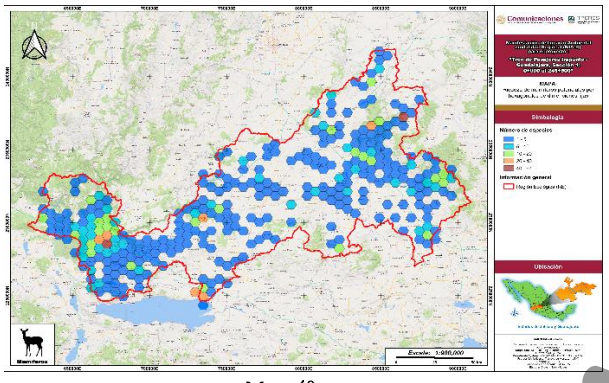
CONSULTA PÚBLICA



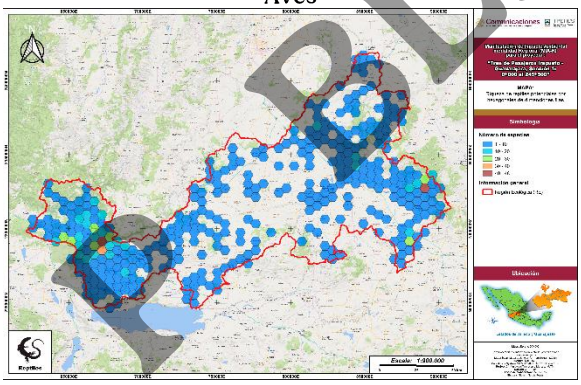
Anfibios



Aves



Mamíferos



Reptiles

Figura III.188. Riqueza de los grupos faunísticos por hexágonos de dimensiones fijas en la RE. Elaboración propia.

Gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 118 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 9 especies se encuentran dentro en apéndice III, 104 en el apéndice II y solamente 5 en el apéndice I, correspondiendo a *Falco peregrinus, Falco peregrinus anatum, Leopardus wiedii, Lontra annectens* y *Herpailurus yagouaroundi.*

Dentro de IUCN se registraron un total de 1,052 especies dentro de alguna de las 6 categorías de riesgo encontradas de acuerdo con este organismo, de modo en que 3 de las especies cuentan con datos deficientes (DD), 989 se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 19 son especies vulnerables (V), 33 están Casi amenazadas (NT), 5 de ellas se encuentran en Peligro (EN) y 3 en peligro crítico (CR) correspondiendo a *Campephilus imperialis, Dasyprocta mexicana* y *Ambystoma amblycephalum.*

Finalmente, de las 162 **especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010 y su modificación en su anexo normativo III** (2019), 98 de ellas se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 56 se encuentran como Amenazadas (A), 7 especies se categorizan como especies en Peligro de extinción (P) y finalmente 1 de las especies se encuentra Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

CONSULTA PÚBLICA

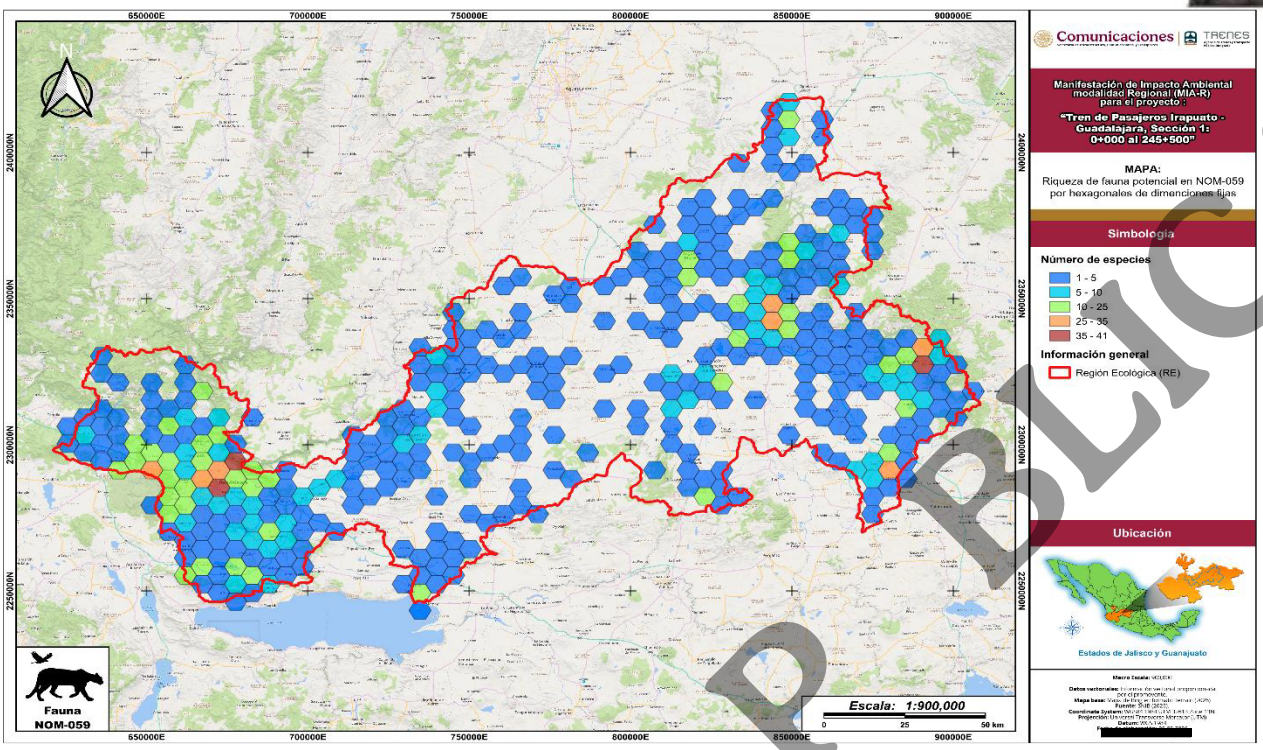


Figura III.189. Distribución de individuos de fauna bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

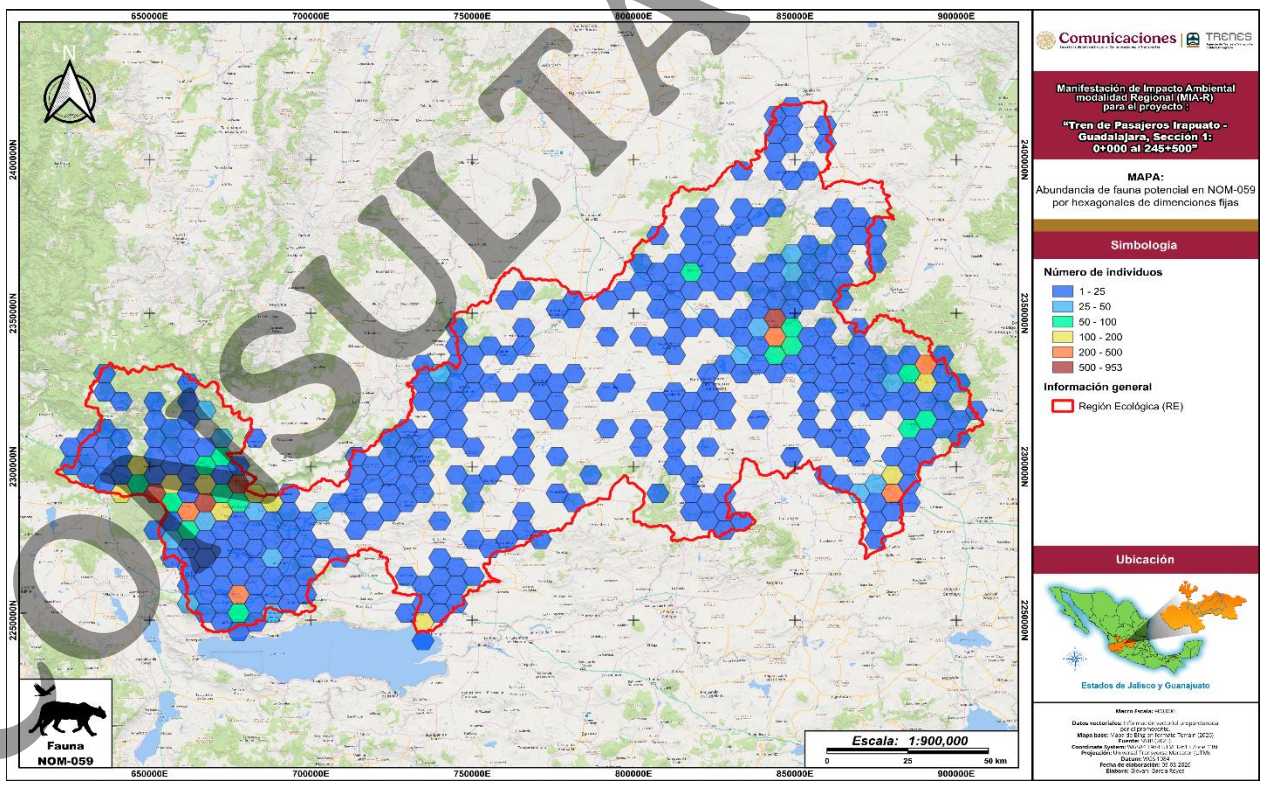


Figura III.190. Riqueza de fauna bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Para el caso de anfibios se registraron 11 especies de anuros (Anura) y 3 especies de caudados (Caudata) distribuidos en 2 categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, de modo en que 9 especies se encuentran Sujetas a Protección Especial (Pr) y 2 como Amenazadas (A).

Tabla III.155. Anfibios potenciales en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

CATEGORÍA	ESPECIE	ENDEMISMO
Sujeta a Protección Especial (Pr) (9 especies)	*Ambystoma amblycephalum*	Endémica
	Ambystoma velasci	Endémica
	Eleutherodactylus angustidigitorum	Endémica
	Hypopachus ustus	No endémica
	Lithobates berlandieri	No endémica
	Lithobates forreri	No endémica
	Lithobates megapoda	Endémica
	Lithobates montezumae	Endémica
	Lithobates pustulosus	Endémica
Amenazadas (A) (5 especies)	*Dendropsophus sartori*	Endémica
	Isthmura bellii	Endémica
	Lithobates chiricahuensis	No endémica
	Lithobates neovolcanicus	Endémica
	Smilisca dentata	Endémica

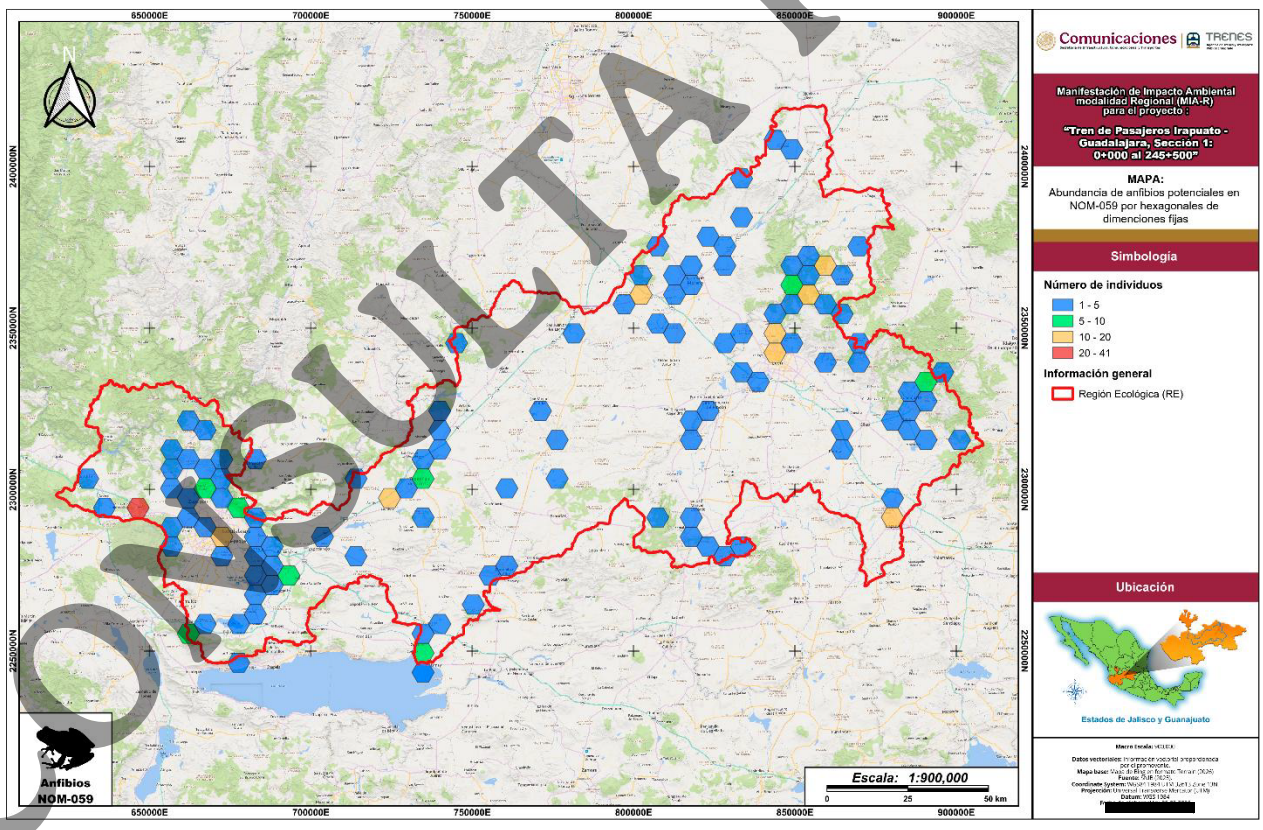


Figura III.191. Distribución de individuos de anfibios bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

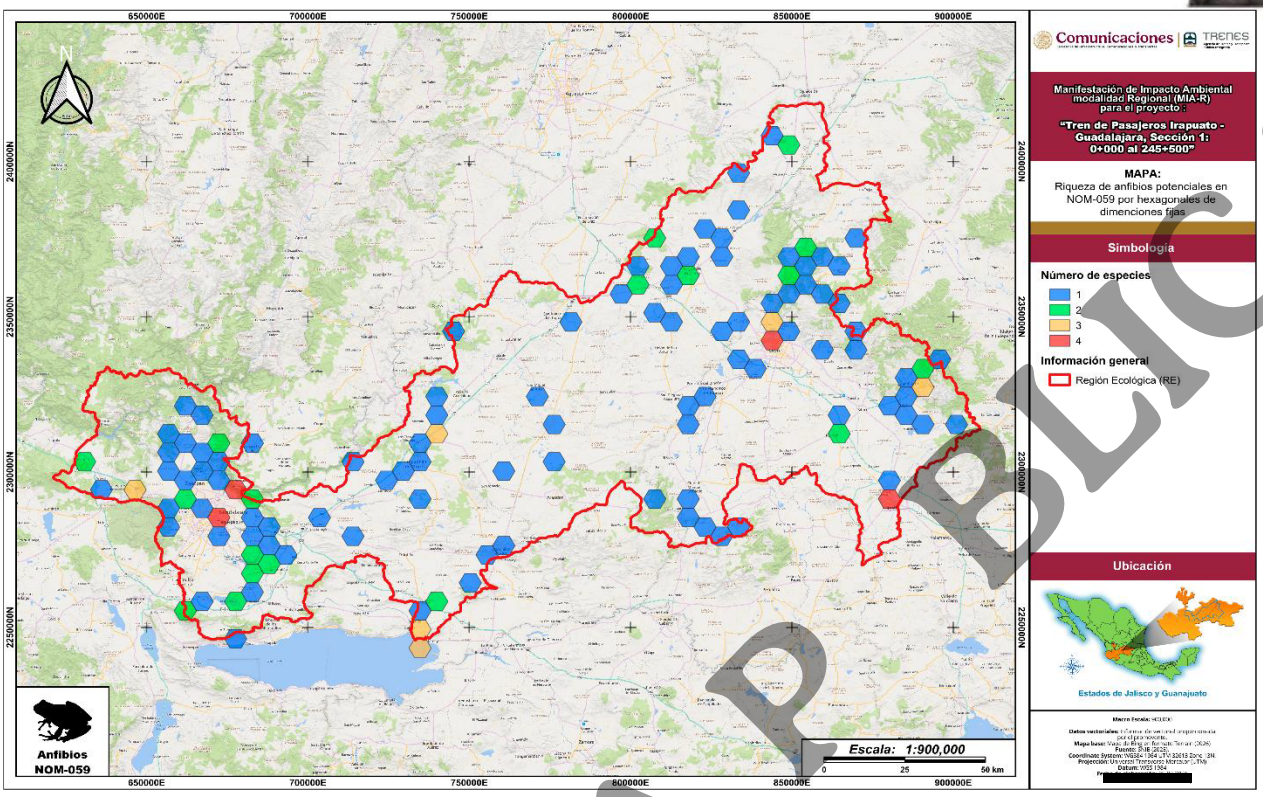


Figura III.192. Riqueza de anfibios bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 60 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro de la RE, se distribuyeron ampliamente dentro de 4 categorías de riesgo de acuerdo con este organismo, de modo en que 38 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 19 como amenazadas (A), 4 especies en peligro de extinción (P).

Tabla III.156. Aves potenciales categorizadas como Sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Accipiter cooperii	No endémica	*Falco peregrinus*	No endémica
Accipiter striatus	No endémica	*Falco peregrinus anatum*	No endémica
Accipiter striatus velox	No endémica	*Forpus cyanopygius*	Endémica
Asio flammeus	No endémica	*Geranoaetus albicaudatus*	No endémica
Athene cunicularia hypugaea	Endémica	*Harpagus bidentatus fasciatus*	No endémica
Botaurus exilis	No endémica	*Ictinia mississippiensis*	No endémica
Buteo albonotatus	No endémica	*Leiothlypis crissalis*	Endémica
Buteo lineatus	No endémica	*Megascops asio*	No endémica
Buteo lineatus elegans	No endémica	*Myadestes occidentalis*	No endémica
Buteo platypterus	No endémica	*Myadestes occidentalis occidentalis*	No endémica
Buteo swainsoni	No endémica	*Mycteria americana*	No endémica
Buteogallus anthracinus	No endémica	*Panyptila sanctihieronymi*	No endémica
Buteogallus urubitinga	No endémica	*Parabuteo unicinctus*	No endémica
Campephilus guatemalensis	No endémica	*Passerina ciris*	No endémica
Chondrohierax uncinatus	No endémica	*Ridgwayia pinicola*	Endémica
Chondrohierax uncinatus uncinatus	No endémica	*Tachybaptus dominicus*	No endémica
Cyrtonyx montezumae	No endémica	*Tachybaptus dominicus brachypterus*	No endémica
Cyrtonyx montezumae mearnsi	Endémica	*Tigrisoma mexicanum*	No endémica
Dactylortyx thoracicus devius	No endémica	*Vireo nelsoni*	Endémica

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III.157. Aves potenciales categorizadas como Amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Accipiter atricapillus	No endémica	*Geothlypis tolmiei*	No endémica
Anas diazi	No endémica	*Hydrobates melania*	No endémica
Aquila chrysaetos	No endémica	*Limosa fedoa*	No endémica
Asio stygius	No endémica	*Phoenicopterus ruber*	No endémica
Botaurus lentiginosus	No endémica	*Rallus crepitans*	No endémica
Calidris mauri	No endémica	*Rallus elegans elegans*	No endémica
Cyrtonyx montezumae sallei	Endémica	*Rallus limicola*	No endémica
Eupherusa ridgwayi	Endémica	*Ramosomyia viridifrons*	Endémica
Euptilotis neoxenus	Endémica	*Tilmatura dupontii*	No endémica
Falco mexicanus	No endémica		

Tabla III.158. Aves potenciales categorizadas como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Cairina moschata	No endémica	*Rallus tenuirostris*	Endémica
Geothlypis speciosa	Endémica	*Vireo atricapilla*	Endémica

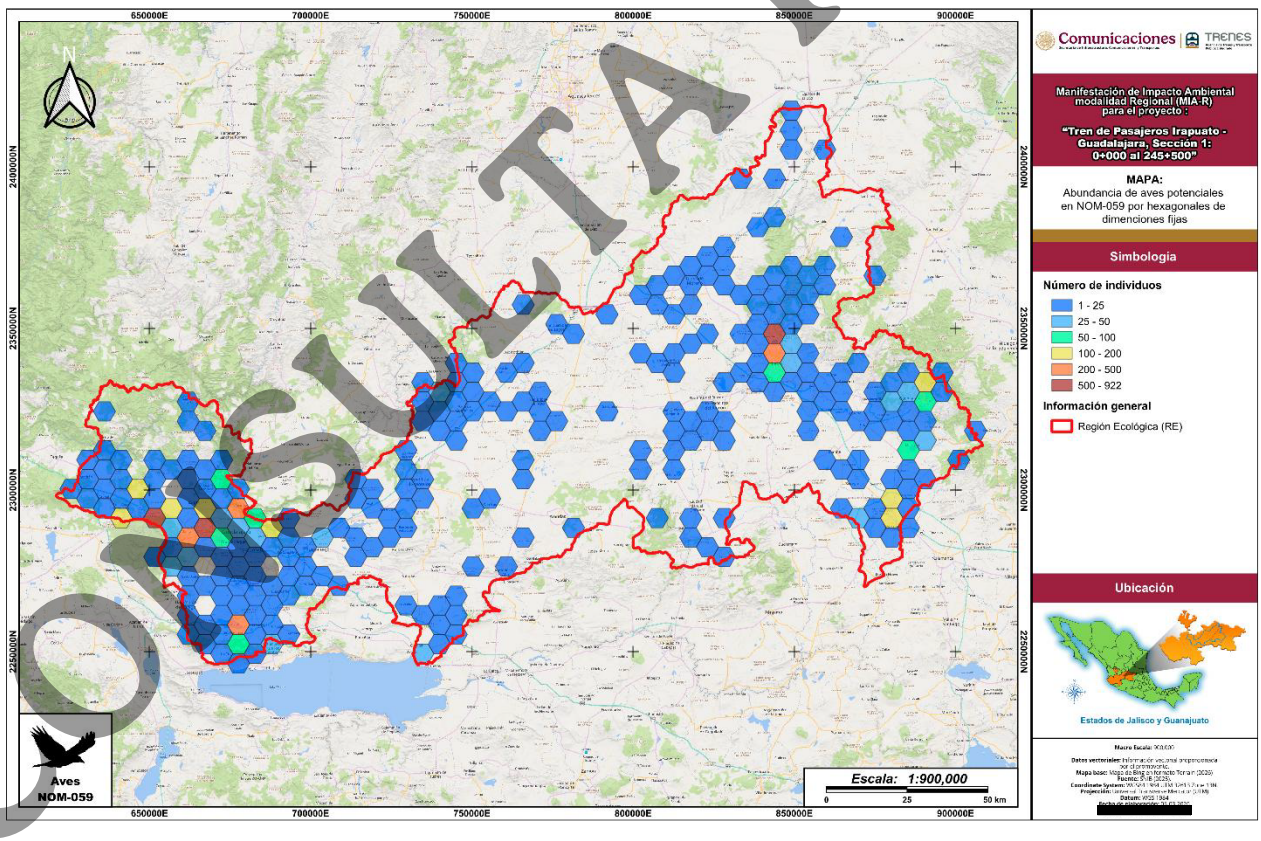


Figura III.193. Distribución de individuos de aves bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

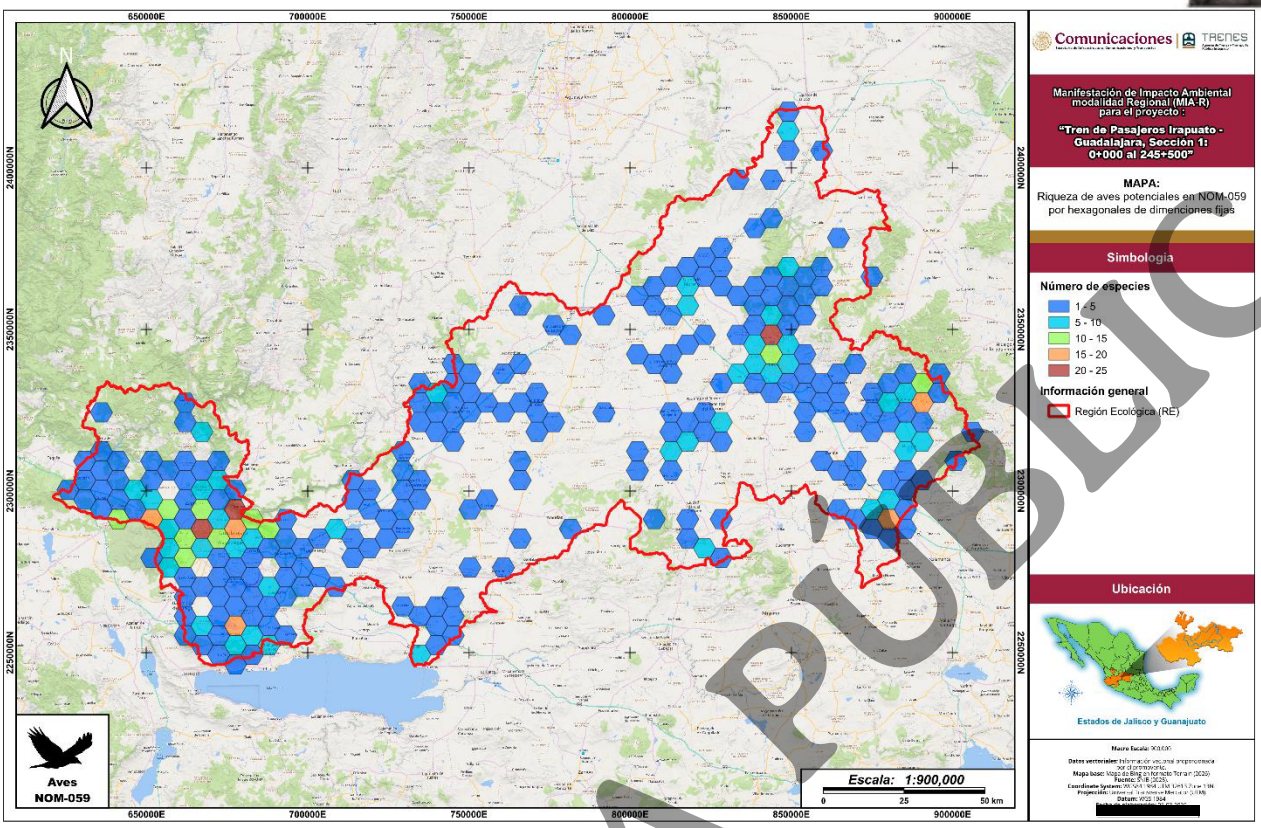


Figura III.194. Riqueza de aves bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

En cuanto al grupo de los mamíferos, se registraron a 20 especies en 3 diferentes categorías de riesgo conforme a la NOM-059, de modo en que se registraron 7 especies Sujetas a Protección Especial (Pr), 11 especies Amenazadas (A) y finalmente 2 en Peligro de extinción (P).

Tabla III.159. Mamíferos potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Bassariscus sumichrasti	No endémica	*Sciurus oculatus*	Endémica
Dipodomys phillipsii	Endémica	*Sciurus oculatus shawi*	Endémica
Leptonycteris yerbabuenae	No endémica	*Sciurus variegatoides goldmani*	Endémica
Potos flavus	No endémica		

Tabla III.160. Mamíferos potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Choeronycteris mexicana	No endémica	*Leptonycteris nivalis*	No endémica
Coendou mexicanus	No endémica	*Lontra annectens*	No endémica
Cratogeomys fumosus	Endémica	*Notiosorex crawfordi*	No endémica
Cratogeomys fumosus angustirostris	Endémica	*Notiosorex evotis*	Endémica

CONSULTA PÚBLICA

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Cratogeomys fumosus tylorhinus	Endémica	*Trachops cirrhosus*	No endémica
Herpailurus yagouaroundi	No endémica		

Tabla III.161. Mamíferos potenciales categorizados como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

Especie	Endemismo
Eira barbara	No endémica
Leopardus wiedii	No endémica

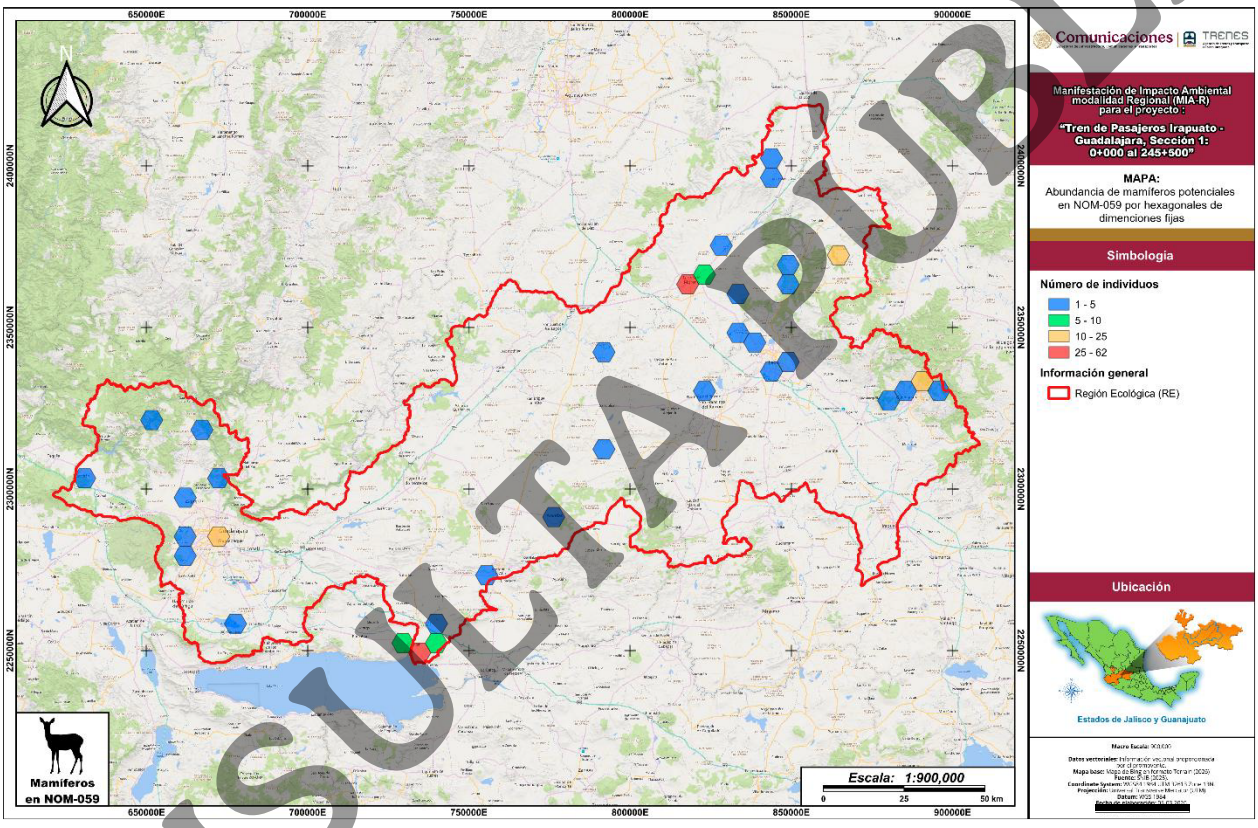


Figura III.195. Distribución de individuos de mamíferos bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III.

CONSULTA PÚBLICA

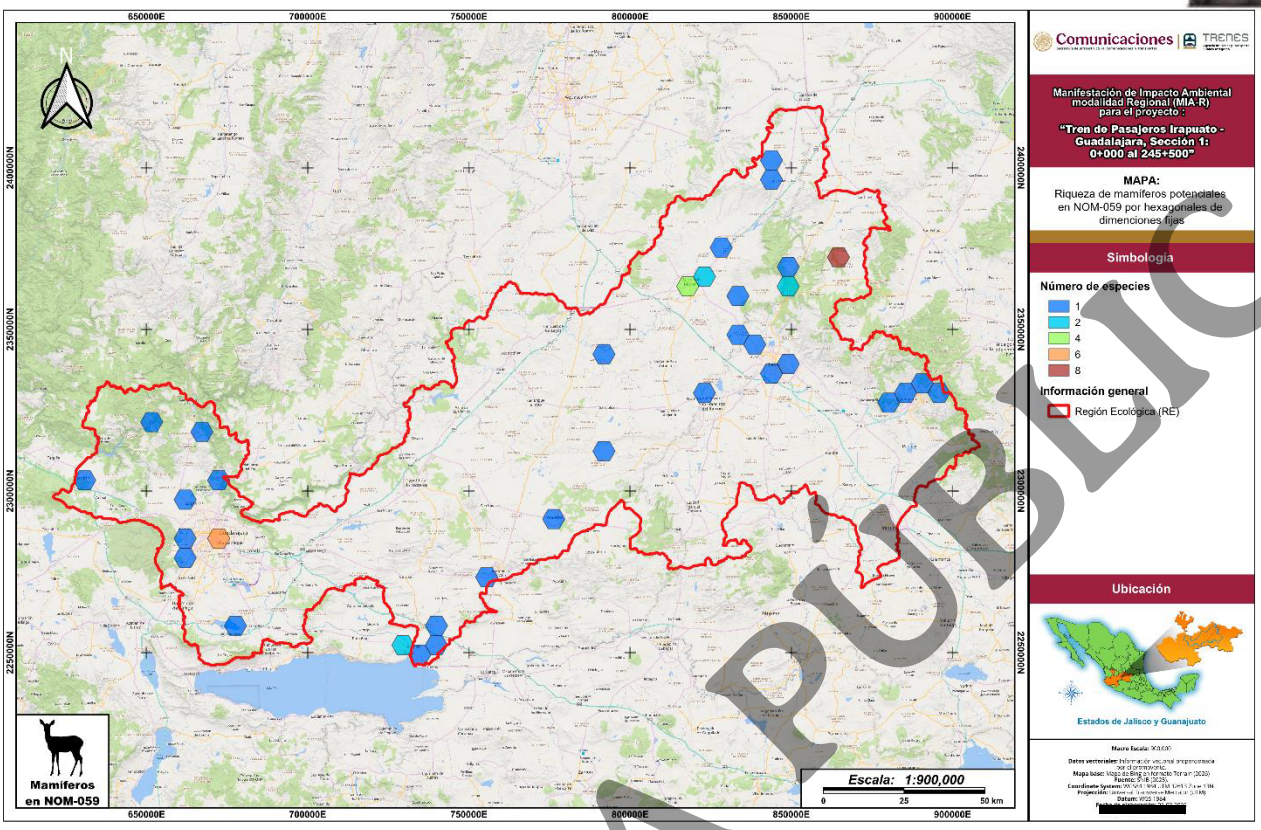


Figura III.196. Riqueza de mamíferos bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

Finalmente, para los reptiles se encontraron 69 especies en tres categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, siendo que 45 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), mientras que las 23 especies restantes están categorizadas como amenazadas (A) y 1 en Peligro de Extinción (P). A continuación, se muestran las especies de reptiles incluidas en la NOM-059-2010 y la modificación a su anexo normativo III (2019).

Tabla III.162. Reptiles potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Anolis nebuloides	Endémica	*Hypsiglena affinis*	Endémica
Aspidoscelis calidipes	Endémica	*Hypsiglena jani*	No endémica
Aspidoscelis communis	Endémica	*Hypsiglena torquata*	Endémica
Aspidoscelis communis communis	Endémica	*Iguana rhinolopha*	Endémica
Aspidoscelis costatus	Endémica	*Imantodes gemmistratus*	No endémica
Aspidoscelis costatus costatus	Endémica	*Imantodes gemmistratus latistratus*	No endémica
Aspidoscelis costatus occidentalis	Endémica	*Kinosternon hirtipes*	No endémica
Aspidoscelis lineattissimus	Endémica	*Kinosternon hirtipes hirtipes*	Endémica
Aspidoscelis mexicanus	Endémica	*Kinosternon hirtipes murrayi*	Endémica
Barisia imbricata	Endémica	*Kinosternon integrum*	Endémica
Corytophanes hernandesii	No endémica	*Leptodeira maculata*	Endémica

CONSULTA PÚBLICA



Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Crotalus aquilus	Endémica	*Micrurus diastema*	No endémica
Crotalus basiliscus	Endémica	*Micrurus distans*	Endémica
Crotalus lepidus	No endémica	*Plestiodon dugesii*	Endémica
Crotalus molossus	No endémica	*Plestiodon lynxe*	Endémica
Crotalus molossus nigrescens	No endémica	*Plestiodon lynxe lynxe*	Endémica
Crotalus polystictus	Endémica	*Rhadinaea hesperia*	Endémica
Crotalus scutulatus	No endémica	*Salvadora bairdi*	Endémica
Crotalus scutulatus scutulatus	No endémica	*Salvadora mexicana*	Endémica
Elgaria kingii	No endémica	*Sceloporus grammicus*	No endémica
Elgaria kingii ferruginea	Endémica	*Sceloporus grammicus microlepidotus*	No endémica
Gerrhonotus liocephalus	Endémica	*Trachemys scripta elegans*	No endémica
Heterodon kennerlyi	No endémica		

Tabla III.163. Reptiles potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

Especie	Endemismo	Especie	Endemismo
Boa imperator	No endémica	*Pituophis deppei deppei*	Endémica
Conopsis biserialis	Endémica	*Thamnophis cyrtopsis*	No endémica
Ctenosaura pectinata	Endémica	*Thamnophis cyrtopsis collaris*	Endémica
Lampropeltis mexicana	Endémica	*Thamnophis eques*	No endémica
Lampropeltis polyzona	No endémica	*Thamnophis eques diluvialis*	No endémica
Lampropeltis ruthveni	Endémica	*Thamnophis eques eques*	No endémica
Leptophis diplotropis	Endémica	*Thamnophis eques megalops*	No endémica
Masticophis flagellum	No endémica	*Thamnophis melanogaster*	Endémica
Micruroides euryxanthus	No endémica	*Thamnophis melanogaster canescens*	Endémica
Phrynosoma orbiculare	Endémica	*Thamnophis scalaris*	Endémica
Phrynosoma orbiculare cortezii	Endémica	*Thamnophis scaliger*	Endémica
Pituophis deppei	Éndémica		

Tabla III.164. Reptiles potenciales categorizados como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

ESPECIE	Endemismo
Xantusia sanchezi	Endémica

CONSULTA PÚBLICA



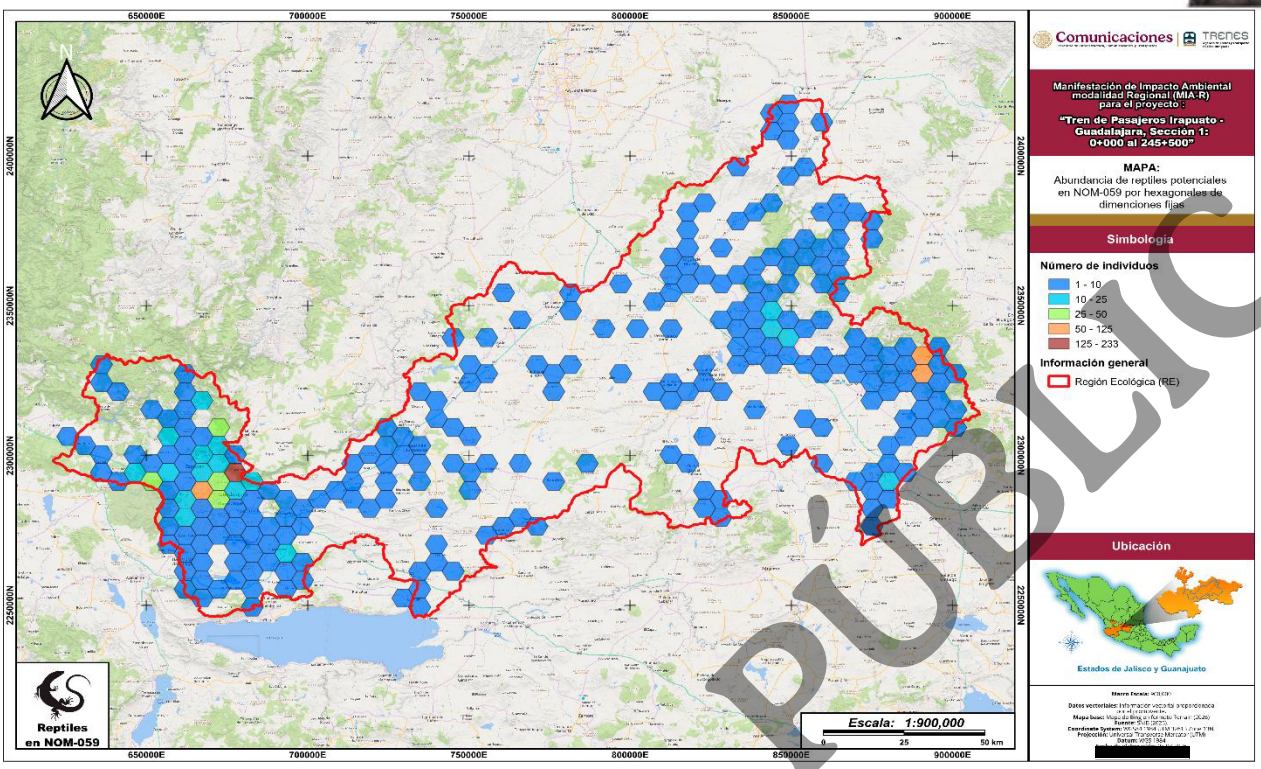


Figura III.197. Distribución de individuos de reptiles bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

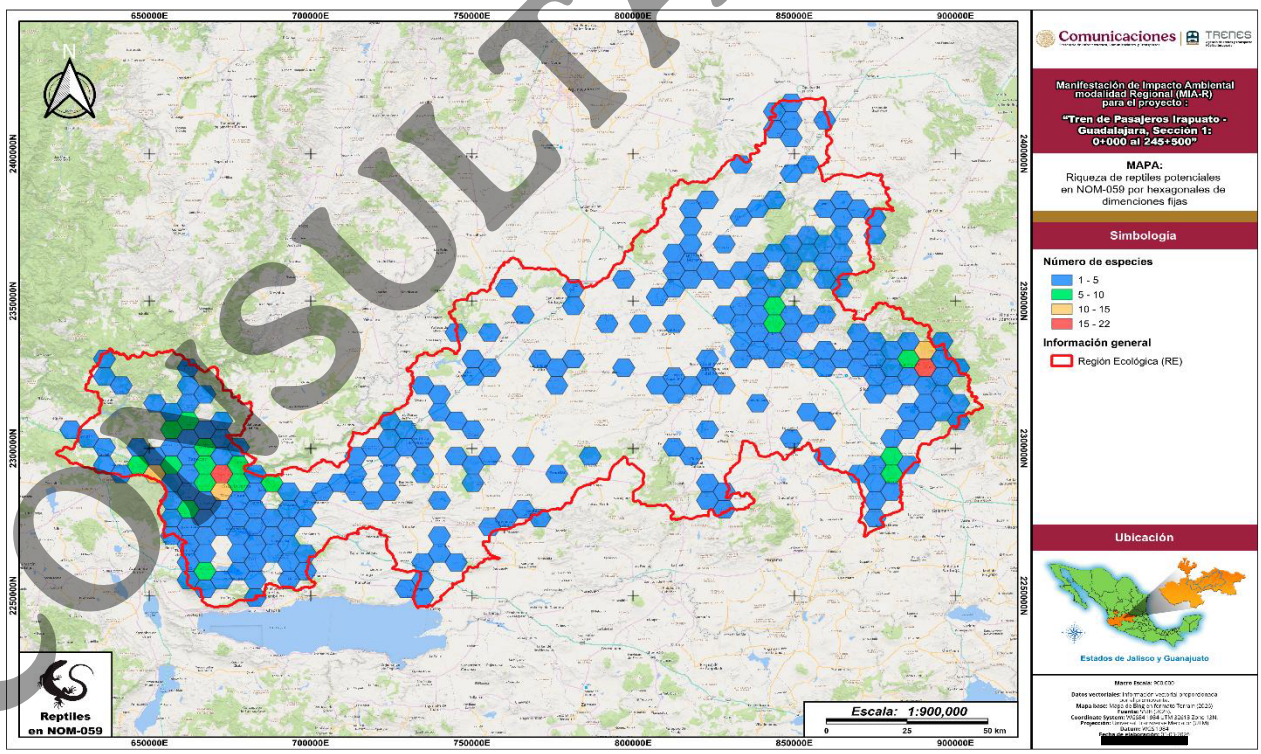


Figura III.198. Riqueza de reptiles bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **Estacionalidad de las especies y su presencia dentro de la temporada de lluvias y de secas**

Dentro del reino animal, el pasar del tiempo no solo tiene efectos directos en la ontogenia de los organismos vivientes, sino que además estos efectos se extienden a las poblaciones de múltiples especies pertenecientes a diferentes grupos faunísticos, los cuales tienen marcados hábitos anuales que se encuentran intrínsecamente relacionados con su fenología, esto debido a los efectos que los cambios en su entorno les causan a estos organismos dada su fisiología, los cuales van desde la disponibilidad de recursos en diferentes temporadas del año (como el alimento) hasta el cambio en las variables climáticas del hábitat en que se desarrollan y que les proporcionen (o no) las condiciones para llevar a cabo diferentes procesos biológicos en cada especie (como su reproducción).

Es así como en esta sección se abordará la estacionalidad de las especies faunísticas registradas en el presente estudio desde una perspectiva taxonómica, de modo en que para su clasificación se tomarán como base a los diferentes grupos faunísticos anteriormente mencionados en secciones anteriores y a partir de ello se describirán los hábitos estacionales de las diferentes especies enunciadas.

Anfibios: Como la etimología de su nombre indica, son organismos que se desarrollan tanto a hábitats acuícolas como en ambientes terrestres con un alto grado de humedad, ya que entre los rasgos fisiológicos característicos de este grupo se encuentra su peculiar y especializada epidermis, la cual es de vital importancia (entre muchas cosas) en el balance hídrico y osmótico del organismo, requiriendo para ello de un alto porcentaje de humedad y lubricación en este órgano (la piel), lo cual los restringe únicamente a hábitats que contengan un alto grado de humedad y/o cuerpos de agua.

Además, su reproducción en la gran mayoría de los casos se encuentra ligada a la aparición de charcas temporales producidas durante el temporal de lluvias, en donde se reúnen de manera masiva para llevar a capo la cópula a través del amplexo y de esa manera depositar sus ovoposiciones dentro del agua, en donde las crías se desarrollarán en sus primeras etapas de vida acuática hasta dejar atrás las branquias y desarrollar sus pulmones y sus extremidades que les permitan llevar a cabo su vida terrestre.

Es por ello que a pesar de que ocasionalmente a algunas especies de anfibios se les puede encontrar en otras temporadas del año ya sea de manera directa o aledaña a cuerpos de agua, es precisamente durante el temporal de lluvias que se puede encontrar a la gran diversidad de especies de anfibios contenidos en un ecosistema, ya que en otras temporadas estos organismos requieren de tomar medidas frente a las condiciones extremas que su hábitat enfrenta, por lo que durante aquellas temporadas donde predomina el frio, los anfibios adoptan hábitos invernales, mientras que durante las condiciones que favorecen la desecación su integumento durante la época de calor toman hábitos estivales, recurriendo a medidas que conserven y protejan su humedad corpórea (como enterrarse en el suelo), por lo que los muestreos biológicos para este grupo deben de ser realizados durante el temporal de lluvias, en donde potencialmente es posible registrar a 34 especies.

CONSULTA PÚBLICA



Aves: Las aves son un grupo de vertebrados terrestres altamente especializado, diverso y abundante que, dadas sus características morfológicas y etológicas relacionadas al vuelo, son considerados como organismos de alta movilidad, ya que muchas de sus especies tienen marcados hábitos migratorios y estacionales a fin de llevar a cabo sus ciclos biológicos (como la reproducción) y/o cubrir sus necesidades alimenticias. Es por ello que en el presente estudio de manera potencial se identificaron 593 especies de aves, en las cuales fueron clasificadas de acuerdo con el hábito estacionario asociado a la especie, pudiendo ser residente, migratoria de invierno, migratoria de verano o transitoria.

Es de esa manera en que se pudo observar que dentro de la Región Ecológica el comportamiento migratorio más predominante corresponde al de aves residentes con un 48.40% de representatividad, seguido por el migratorio de invierno con un 26.64%, luego por aquellas especies de las que no se tiene registro alguno de este hábito con un 14%, después por las aves transitorias con 8.09% y finalmente por aquellas que fueron migratorias de verano con un 2.87% de representatividad tal y como se muestra a continuación:

Tabla III.165. Número de especies potenciales por estacionalidad. Elaboración propia.

Estatus	Número de especies	Representatividad
Residente (R)	287	48.40
Migratoria de invierno (MI)	158	26.64
Sin registro	83	14.00
Transitoria (T)	48	8.09
Migratoria de verano (MV)	17	2.87
Total	**593**	**100**

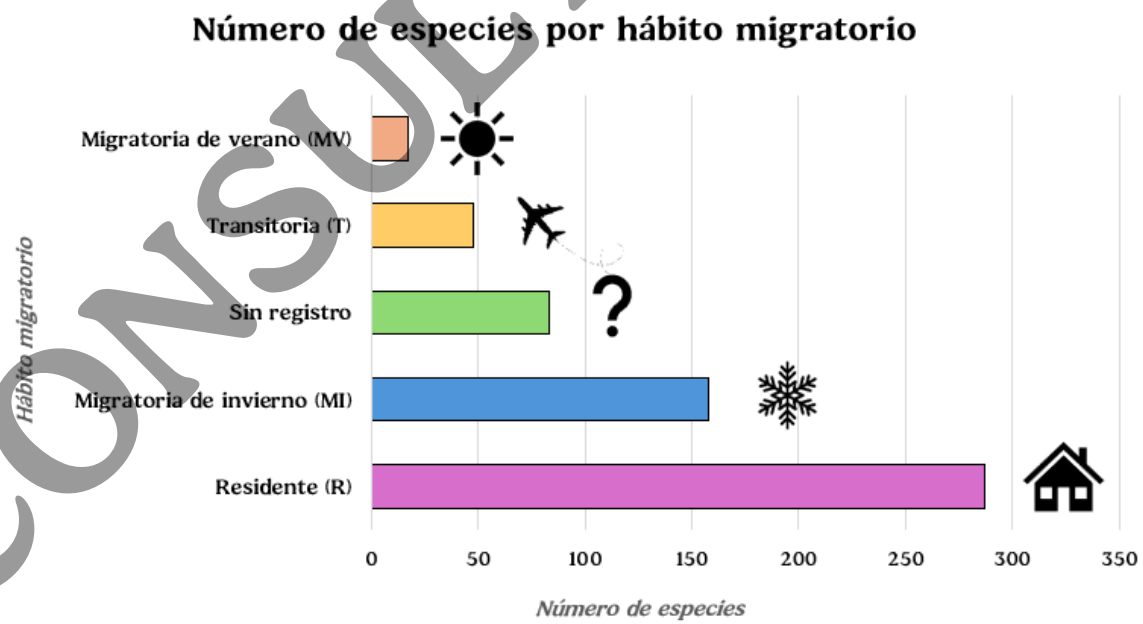


Figura III.199. Número de especies potenciales por hábito migratorio. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Mamíferos: Los mamíferos son uno de los grupos de tetrápodos más interesantes e icónicos del reino animal, asociados generalmente a su característico pelaje relacionado a su tipo de regulación endotérmica y homeotermica, la cual contribuye directamente a mantener su temperatura interna de manera estable (vía metabólica), lo cual los convierte en organismos altamente dinámicos frente a diferentes condiciones y adversidades climáticas, por lo que de manera general aquellos que se encuentran en el medio terrestre no tienden a tener hábitos migratorios más que en algunas especies marcadas en determinados lugares del mundo y asociados a determinados hábitats, por lo que las especies incluidas en el presente proyecto no son consideradas como de hábitos migratorios, si no más bien en muchos casos como organismos de alta movilidad.

Reptiles: Son organismos que se caracterizan principalmente por su notoria epidermis, la cual consta de escamas distribuidas en prácticamente todo su cuerpo, y las cuales tienen un papel de vital importancia en la termorregulación hectotérmica que presentan gran parte de las especies en este grupo, los cuales dependen del intercambio térmico con el ambiente a través de su piel para poder desarrollar con normalidad sus funciones fisiológicas y metabólicas, por lo que su actividad se encuentra completamente ligada al fotoperíodo y a las condiciones climáticas que ofrece el ambiente en el que se desarrollan.

Es por lo anteriormente mencionado que, aunque existen especies de hábitos nocturnos y crepusculares, la mayoría estos organismos son de hábitos diurnos teniendo picos de actividad durante las primeras horas de sol por la mañana así como también en las últimas antes de que se oculte el sol, teniendo también una marcada estacionalidad dada su característica termo regulatoria, por lo que en épocas invernal es común que estos organismos se oculten en microhábitats donde puedan mantener una temperatura más estable, mientras que durante el temporal de calor, se desenvuelven con normalidad en los ambientes en los que se encuentren en donde también llevan a cabo su reproducción a fin de ofrecer a sus crías una mayor disponibilidad de recursos y por tanto mayores oportunidades de supervivencia. Es por ello que para el presente estudio se contempla que las especies potenciales de reptiles registradas en la Región Ecológica tendrán un mayor número de registros durante la temporada de calor.

- **Ictiofauna potencial dentro de la Región Ecológica (RE)**

A través de la recopilación de registros de ictiofauna extraídos desde el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO y su procesamiento mediante el sistema de información geográfica denominado como QGIS 3.40.4 para su delimitación al área correspondiente a la Región Ecológica (RE), se obtuvieron un total de **47 especies potenciales** de ictiofauna a través de **558 registros.** Dichos registros se han recopilado en un **periodo comprendido entre 1951 a 2024 (73 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica.

En cuanto a las especies con mayor número de registros se obtuvo que de los 558 registros de peces en la RE, el tiro de Pátzcuaro (*Goodea atripinnis*) con 91 registros, el guatopote del Lerma (*Poeciliopsis infans*) con 53, el pupo de Valle (*Algansea tincella*) con 46 y

CONSULTA PÚBLICA



el charal (*Chirostoma jordani*), son las especies con mayor número de registros ya que en conjunto comprenden el 40.86% del total de registros, mientras que las 43 especies restantes en conjunto suman el 59.14% restante.

Por otro lado, se obtuvo que las 47 especies de peces registradas en la RE se distribuyen en 30 diferentes géneros y 12 familias, de modo en 7 de estos taxones corresponden a especies exótico-invasoras, mientras que las 40 spp restantes cuentan con una distribución nativa, de las cuales 28 son endémicas. Cabe resaltar que ninguna de estas especies se encuentra restringida únicamente al Área del Proyecto, si no que se encuentran distribuidas en diferentes cuerpos de agua cercanos entre sí, principalmente al centro y norte del país.

En cuanto a las especies categorizadas bajo algún tipo de riesgo de acuerdo con organismos internacionales como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), se obtuvo que por parte del CITES no se registró ninguna especie con riesgo por comercio. En cambio, por parte del IUCN se registraron a 41 especies en 5 diferentes categorías de riesgo, de manera en que 3 de las especies cuentan con datos deficientes (DD), 23 se encuentran bajo preocupación menor (LC), 2 como vulnerables (VU), 9 en peligro (EN) y a *Allotoca maculata, Ameca splendens, Allotoca regalis* y *Aztecula calientis* como especies en peligro crítico (CR).

Por otra parte, la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la modificación a su anexo normativo III en el año 2019, siendo la norma encargada de identificar a aquellas especies de flora y fauna silvestre en algún tipo de riesgo dentro de 4 diferentes categorías, y a través del cual se identificó que en el presente listado existen 14 especies de ictiofauna en 3 diferentes categorías de riesgo, siendo que 1 se encuentra sujeta a protección especial (Pr), 7 se encuentran amenazadas y 6 en peligro de extinción (P).

Tabla III.166. Ictiofauna potencial categorizada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.

CATEGORÍA	ESPECIE	ENDEMISMO (Según la NOM-059)
Sujeta a Protección Especial (Pr)	*Poecilia butleri*	No endémica
Amenazadas (A) (7 especies)	*Chirostoma chapalae*	Endémica
	Chirostoma labarcae	Endémica
	Ictalurus dugesii	Endémica
	Poeciliopsis occidentalis	No endémica
	Skiffia lermae	Endémica
	Skiffia multipunctata	No endémica
	Zoogoneticus quitzeoensis	Endémica
En Peligro de Extinción (P) (6 especies)	*Algansea popoche*	Endémica
	Allotoca dugesii	No endémica
	Allotoca regalis	Endémica
	Ameca splendens	Endémica
	Xenoophorus captivus	Endémica
	Xenotoca melanosoma	No endémica

CONSULTA PÚBLICA

- **Invertebrados potenciales dentro de la Región Ecológica (RE)**

A través de la recopilación de registros de ictiofauna extraídos desde el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO y su procesamiento mediante el sistema de información geográfica denominado como QGIS 3.40.4 para su delimitación al área correspondiente a la Región Ecológica (RE), se obtuvieron un total de 2491 **especies potenciales** de invertebrados a través de 45,890 **registros**. Dichos registros se han recopilado en un **periodo comprendido entre 1881 y 2024 (143 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica.

La totalidad de las especies enlistadas para el presente estudio, se encuentran distribuidas entre 6 grupos (Phyllum): Anélidos (Annelida) Artrópodos (Arthropoda), moluscos (Mollusca), nematodos (Nematoda), Onicóforos (Onychophora) y platelmintos (Platyhelminthes).

- ***Artrópodos***

Este es el grupo con mayor número de registro de especies para el estudio, resultando en 2,436 spp. registradas que representan el 97.79% del total. De ellas 24 son especies exóticas, 15 son exóticas invasoras, 2 especies criptogénicas, 1 es criptogénica invasora y las 2,394 de los taxones tienen una distribución nativa. Así mismo, 132 de estas especies son endémicas, más sin embargo estas no se distribuyen exclusivamente en la RE.

Por otro lado, 140 especies cuentan con alguna categoría de riesgo internacional por parte del IUCN, de forma en que 1 especie cuenta con datos deficientes (DD), 129 de estas especies se encuentran bajo preocupación menor (LC), 3 son vulnerables (VU), *Bombus diligens, Cambarellus chapalanus* y *Macrobrachium occidentale* se encuentran como especies casi amenazadas (NT) y a *Bombus haueri, Bombus steindachneri y Cambarellus patzcuarensis* como especies en peligro (EN).

En cuanto a las categorías de riesgo nacionales, se encontró que en el presente estudio la NOM-059-SEMARNAT-2010 categoriza a la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) y su subespecie norteamericana (*Danaus plexippus plexippus*) como especies sujetas a protección especial (Pr).

- ***Moluscos***

Dentro de este grupo, el segundo con mayor cantidad de especies registradas, se identificaron 30 especies, que en conjunto representan un 1.20% del total de especies. Es así como de ellas 2 especies corresponden a taxones exóticos, 5 a especies exótico-invasoras y las 23 spp. restantes a especies nativas sin endemismo alguno. En cuanto a categorías de riesgo por organismos internacionales, se encontró que solamente *Ladislavella elodes* se encuentra catalogada como de preocupación menor (LC) por parte del IUCN, mientras que en cambio ninguna especie fue categorizada en la NOM-059.

CONSULTA PÚBLICA



- ***Platelmintos***

Junto a los siguientes dos grupos, este es el tercer grupo de invertebrados con mayor riqueza de especies del estudio, ya que cuenta con 8 especies que representan el 0.32% del total de la riqueza de invertebrados potenciales. De estos taxones 2 se resaltan como especies exótica, mientras que las 6 spp. restantes son nativas y no cuentan con ningún tipo de endemismo ni categoría de riesgo.

- ***Nematodos***

En este Phyllum también se obtuvo el registro de 8 especies distribuidas en 6 géneros y 6 familias, representando únicamente al 0.32% del total de la riqueza de invertebrados potenciales, sin especies exóticas y sin ninguna clase de endemismo ni registro en alguna categoría de riesgo nacional o internacional en las especies nativas.

- ***Annelida***

Siendo el siguiente y último grupo con 8 especies registradas, cuyas especies se distribuyen en 6 géneros y 4 familias, representa únicamente al 0.32% del total de la riqueza de invertebrados potenciales. Todas sus especies son nativas y ninguna cuenta con algún endemismo ni registro en alguna categoría de riesgo ya sea nacional o internacional.

- ***Onicóforos***

Siendo el grupo de invertebrados potenciales de la RE con menor riqueza al registrar únicamente a 1 especie, que representan solamente al 0.04% del total de la riqueza de invertebrados potenciales. Se trata de una especie nativa del área y no tienen ninguna clase de endemismo ni tampoco registro en alguna categoría de riesgo ya sea nacional o internacional.

CONSULTA PÚBLICA



e.2) Resultados a través de los muestreos biológicos

- Composición por grupo faunístico dentro de sus hábitats

A continuación, se presenta la comparación de los resultados obtenidos a través de los muestreos biológicos de fauna dentro de la Región Ecológica (RE) y el área de proyecto (AP) analizados.

A partir de los datos recopilados en campo se obtiene que para la superficie de la Región Ecológica (RE), la fauna presente se agrupa en un total de 71 especies de vertebrados terrestres (3 anfibios, 6 reptiles, 3 mamíferos y 59 aves). Por su parte, en el área de proyecto (AP) se registraron un total de 52 especies de vertebrados terrestres, de los cuales 1 spp. es anfibio, 3 son reptiles, 2 mamíferos y 46 aves.

De acuerdo con la información anterior, para la RE se obtiene que el 83.10% de las especies faunísticas pertenece a la avifauna, los mamíferos representan el 4.23%, mientras que la herpetofauna representa el 12.68% (8.45% pertenecen a reptiles y 4.23% a anfibios). A su vez, para el AP se obtiene que el 88.46% de las especies registradas pertenece a las aves, el 3.85% representa a los mamíferos, en tanto que la herpetofauna representa el 7.69% (5.77% pertenecen a los reptiles y 1.92% a los anfibios).

Por otra parte, en la región ecológica se reporta un total de 372 individuos, distribuidos en 71 especies de vertebrados; donde el grupo más abundante es el de las aves con 329 individuos, seguido de los reptiles con 24, los mamíferos con 10 y por últimos los anfibios con 9 individuos. Asimismo, en el área de proyecto se reportó una abundancia total de 242 individuos distribuidos en 52 especies, donde el grupo faunístico más abundante es, al igual que en la RE, el de las aves con 218 individuos, seguido de los mamíferos con 15, los reptiles con 7 y por último los anfibios con 2 individuos, tal como se muestra en la siguiente figura.

Tabla III.167. Riqueza y abundancia de los grupos registrados durante el trabajo de campo en la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Riqueza				Abundancia	
	RE	% RE	AP	% AP	RE	AP
Anfibios	3	4.23	1	1.92	9	2
Aves	59	83.10	46	88.46	329	218
Reptiles	6	8.45	3	5.77	24	7
Mamíferos	3	4.23	2	3.85	10	15
Total	**71**	**100**	**52**	**100**	**372**	**242**

CONSULTA PÚBLICA



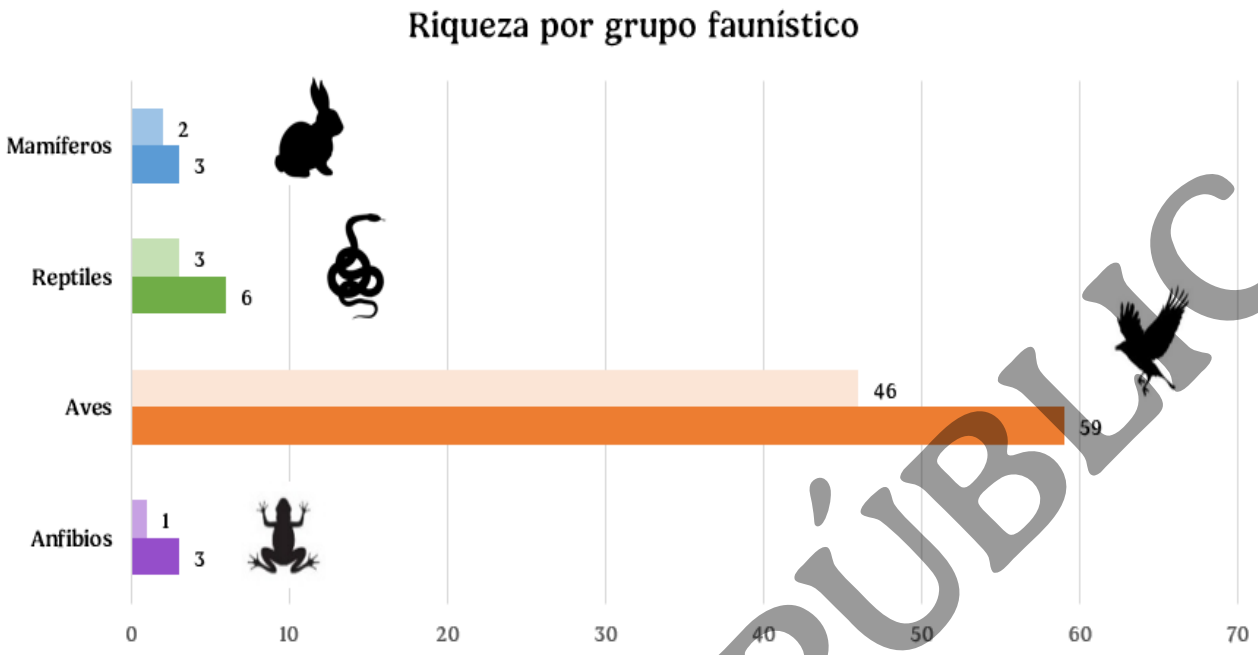


Figura III.200. **Comparación de la riqueza por grupo faunístico en la RE (colores oscuros) y AP (colores claros). Elaboración propia.**

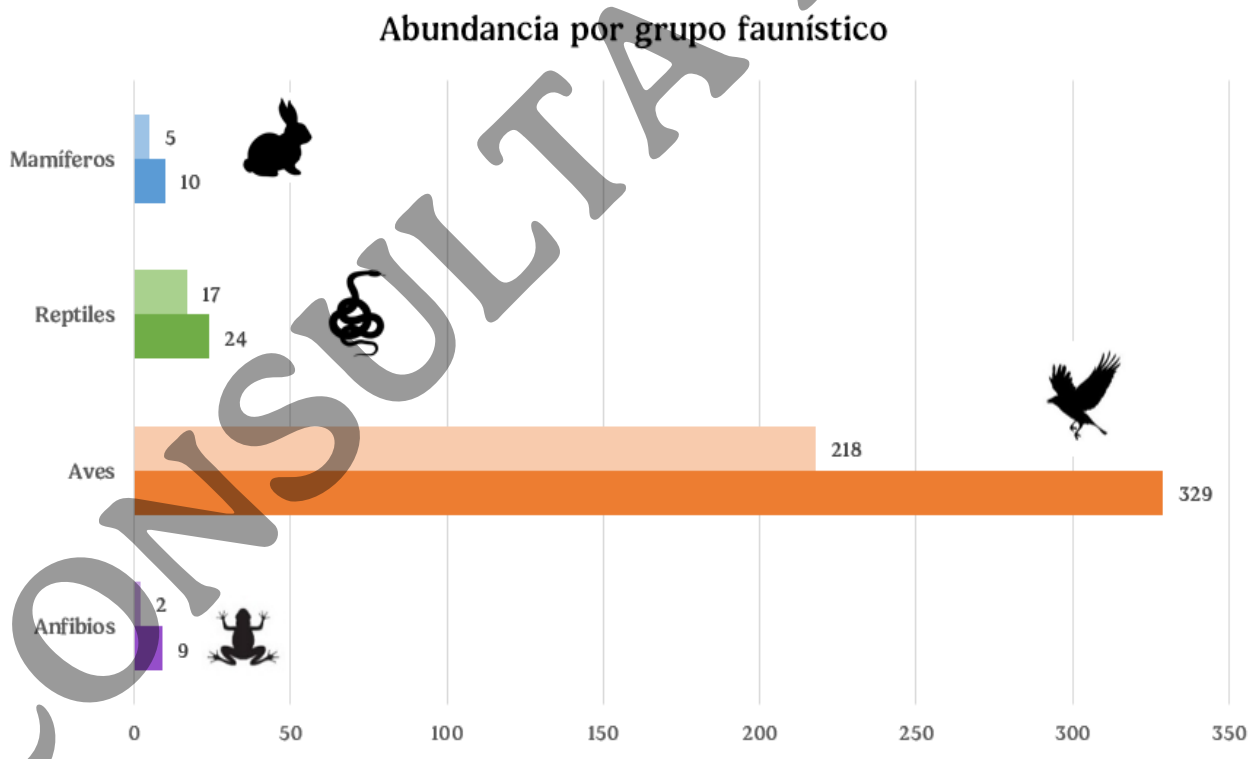


Figura III.201. **Comparación de abundancias por grupo faunístico en la RE (colores oscuros) y AP (colores claros). Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



Para la RE, de acuerdo con las 71 especies registradas, 55 se consideran como nativas, lo que representa el 77.46% del total, 13 son endémicas (*Anaxyrus compactilis, Anolis nebulosus, Campylorhynchus gularis, Craugastor occidentalis, Dryophytes eximius, Kinosternon integrum, Melanotis caerulescens, Melozone kieneri, Sceloporus dugesii, Sceloporus torquatus, Sporophila torqueola, Thryophilus sinaloa* y *Urosaurus bicarinatus*) representando el 18.31%, y 3 especies como exóticas-invasoras (*Ardea ibis, Passer domesticus* y *Streptopelia decaocto*), lo que equivale al 4.23% del total.

Por otro lado, en el área de proyecto (AP), de las 52 especies registradas, 41 son nativas, lo que representa el 78.85% del total, 9 son endémicas (*Campylorhynchus gularis, Dryophytes eximius, Melanotis caerulescens, Melozone kieneri, Sceloporus dugesii, Sceloporus torquatus, Sporophila torqueola, Thryophilus Sinaloa* y *Urosaurus bicarinatus*) representando el 17.31%, finalmente *Passer domesticus* y *Streptopelia decaocto* como las dos únicas especies exóticas-invasoras representando el 3.85% del total.

Tabla III.168. Especies de fauna registradas como endémicas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Distribución	RE		AP	
	Riqueza	Porcentaje	Riqueza	Porcentaje
Nativa	55	77.46	41	78.85
Endémica	13	18.31	9	17.31
Exótica-invasora	3	4.23	2	3.85
Total	**71**	**100**	**52**	**100**

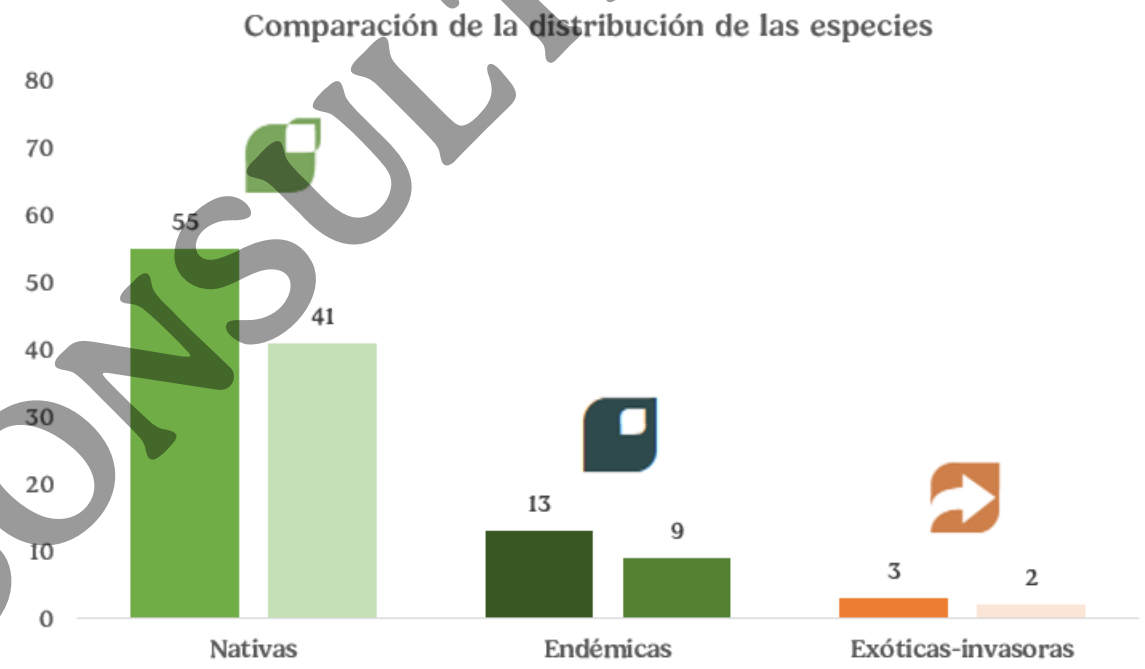


Figura III.202. **Comparación de las especies de fauna registradas dentro de la RE (izquierda) y AP (derecha). Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



Cabe resaltar que todas las especies registradas en el área de proyecto (AP) fueron registradas en la región ecológica (RE), lo cual refleja la buena representatividad de los muestreos en el AP.

CONSULTA PÚBLICA





Tabla III.169. Listado de especies de fauna registradas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo	NOM-059-SEMARNAT-2010	Apéndices CITES	Lista Roja IUCN	Estacionalidad	RE	AP
Anfibios	Bufonidae	*Anaxyrus compactilis*	Sapo de la Meseta	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Anfibios	Craugastoridae	*Craugastor occidentalis*	Rana Ladradora Costera	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Anfibios	Hylidae	*Dryophytes eximius*	Rana Arborícola de Montaña	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Aves	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla Cola Roja	Nativa	SR	II	LC	Residente		
Aves	Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla Negra Menor	Nativa	Sujeta a protección especial (Pr)	II	LC	Residente		
Aves	Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Anatidae	*Anas diazi*	Pato Mexicano	Nativa	Amenazada (A)	SR	SR	Residente		
Aves	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	Nativa	SR	SR	LC	SR		
Aves	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza Blanca	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza Ganadera	Exótica-Invasora	SR	SR	LC	Migratoria de invierno		
Aves	Ardeidae	*Nycticorax nycticorax*	Garza Nocturna Corona Negra	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Cardinalidae	*Passerina caerulea*	Picogordo Azul	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Cardinalidae	*Passerina versicolor*	Colorín Morado	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote Común	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Ciconiidae	*Mycteria americana*	Cigüeña Americana	Nativa	Sujeta a protección especial (Pr)	SR	LC	SR		
Aves	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma Turca De Collar	Exótica-Invasora	SR	SR	LC	SR		
Aves	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo Común	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero Pijuy	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos Norteño	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara	Nativa	SR	II	LC	Residente		
Aves	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón Mexicano	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina Tijereta	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Icteridae	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	Nativa	SR	SR	LC	Migratorio de invierno		
Aves	Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	Nativa	SR	SR	LC	Migratorio de verano		
Aves	Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Icteridae	*Molothrus ater*	Tordo Cabeza Café	Nativa	SR	SR	LC	Migratorio de invierno		
Aves	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate Mexicano	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Icteridae	*Sturnella lilianae*	Pradero Altiplanero	Nativa	SR	SR	SR	Residente		
Aves	Mimidae	*Melanotis caerulescens*	Mulato Azul	Endémica	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Sinsonte Norteño	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuitlacoche Pico Curvo	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Parulidae	*Geothlypis poliocephala*	Mascarita Pico Grueso	Nativa	SR	SR	LC	SR		
Aves	Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Passerellidae	*Melozone kieneri*	Rascador Nuca Canela	Endémica	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Passerellidae	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero Corona Rayada	Nativa	SR	SR	LC	SR		

CONSULTA PÚBLICA





Clase	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo	NOM-059-SEMARNAT-2010	Apéndices CITES	Lista Roja IUCN	Estacionalidad	RE	AP
Aves	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	Exótica-Invasora	SR	SR	LC	Introducida		
Aves	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero Mexicano	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero Cheje	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor Menor	Nativa	Sujeta a protección especial (Pr)	SR	LC	SR		
Aves	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Thraupidae	*Sporophila torqueola*	Semillero De Collar	Endémica	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Thraupidae	*Volatinia jacarina*	Semillero Brincador	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	Ibis Ojos Rojos	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	Colibrí Pico Ancho	Nativa	SR	II	LC	Residente		
Aves	Trochilidae	*Ramosomyia violiceps*	Colibrí Corona Violeta	Nativa	SR	II	LC	Residente		
Aves	Troglodytidae	*Campylorhynchus gularis*	Matraca Serrana	Endémica	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Troglodytidae	*Thryomanes bewickii*	Saltapared Cola Larga	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Troglodytidae	*Thryophilus sinaloa*	Saltapared Sinaloense	Endémica	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Tyrannidae	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito Chillón	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Tyrannidae	*Contopus sordidulus*	Papamoscas Del Oeste	Nativa	SR	SR	LC	Migratorio de verano		
Aves	Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza	Nativa	SR	SR	LC	Migratorio de verano		
Aves	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero Cardenal	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Tyrannidae	*Sayornis nigricans*	Papamoscas Negro	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Aves	Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	Nativa	SR	SR	LC	Residente		
Mamíferos	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache Norteño	Nativa	SR	SR	LC	NA		
Mamíferos	Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón De Rocas	Nativa	SR	SR	LC	NA		
Mamíferos	Tayassuidae	*Dicotyles tajacu*	Pecarí De Collar	Nativa	SR	SR	LC	NA		
Reptiles	Anolidae	*Anolis nebulosus*	Abaniquillo Pañuelo Del Pacífico	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Reptiles	Kinosternidae	*Kinosternon integrum*	Tortuga Pecho Quebrado Mexicana	Endémica	Sujeta a protección especial (Pr)	II	LC	NA		
Reptiles	Phrynosomatidae	*Sceloporus dugesii*	Lagartija Espinosa De Duges	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Reptiles	Phrynosomatidae	*Sceloporus torquatus*	Lagartija Espinosa De Collar	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Reptiles	Phrynosomatidae	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija De Árbol Del Pacífico	Endémica	SR	SR	LC	NA		
Reptiles	Teiidae	*Aspidoscelis gularis*	Huico Texano	Nativa	SR	SR	LC	NA		

CONSULTA PÚBLICA



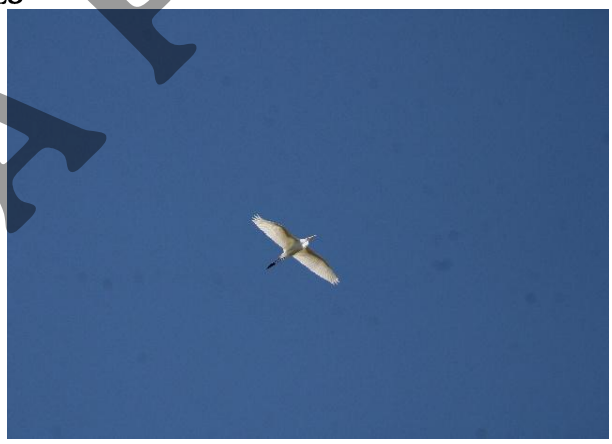


Dryophytes eximius

AVES



Anas diazi



Ardea alba



Campylorhynchus gularis



Cathartes aura

CONSULTA PÚBLICA



Mimus polyglottos



Quiscalus mexicanus



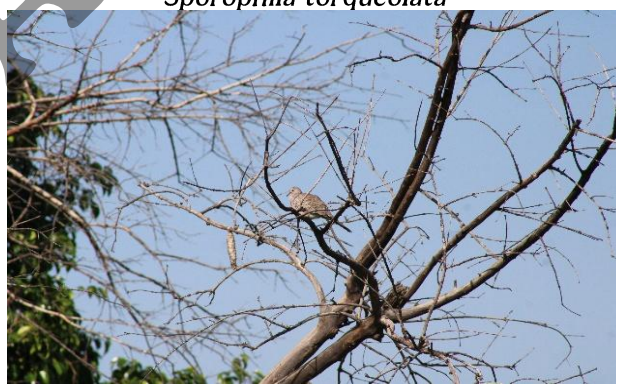
Pyrocephalus rubinus



Sporophila torqueolata



Tyrannus vociferans



Columbina inca



Icterus pustulatus



Icterus spurius

CONSULTA PÚBLICA



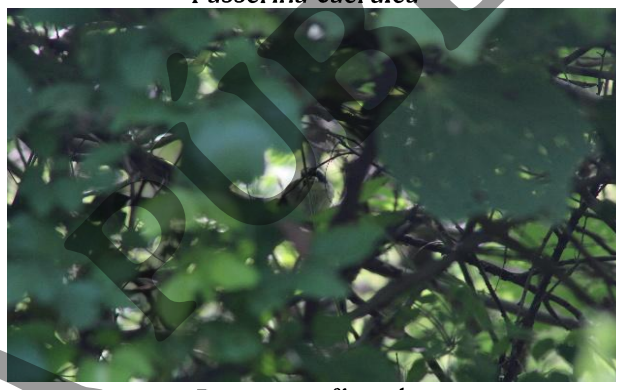
Passer domesticus



Passerina caerulea



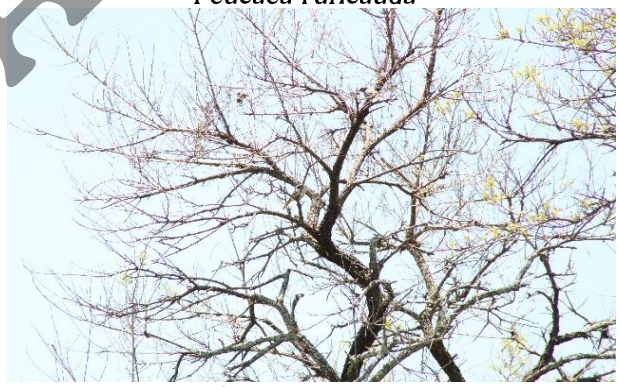
Melanotis caerulescens



Peucaea ruficauda



Pitangus sulphuratus



Psaltriparus minimus



Toxostoma curvirostre



Volatinia jacarina

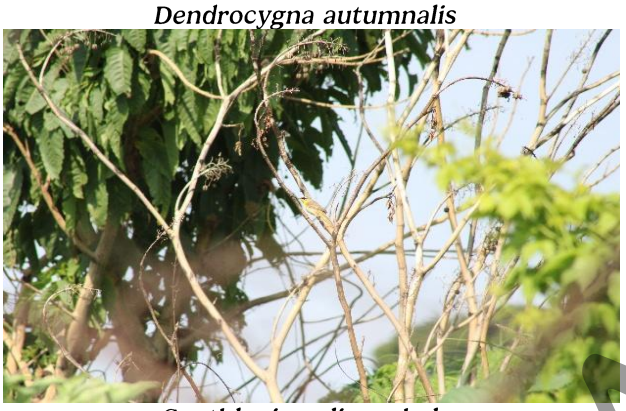
CONSULTA PÚBLICA



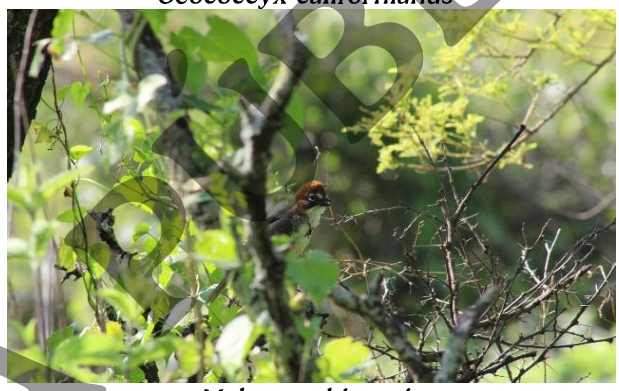
Dendrocygna autumnalis



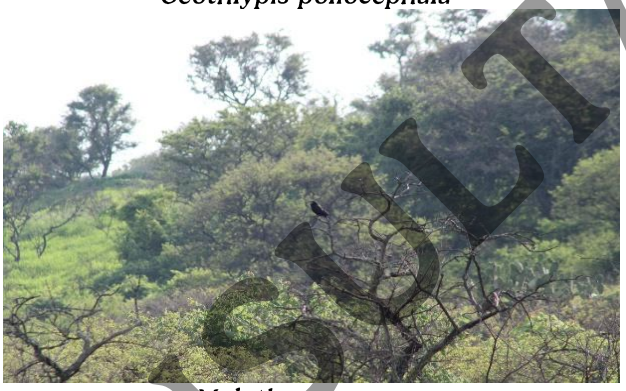
Geococcyx californianus



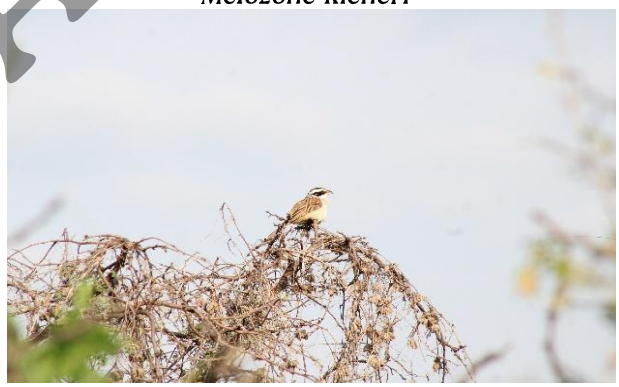
Geothlypis poliocephala



Melozone kieneri



Molothrus aeneus



Peucaea ruficauda



Streptopelia decaocto



Thryophilus sinaloa

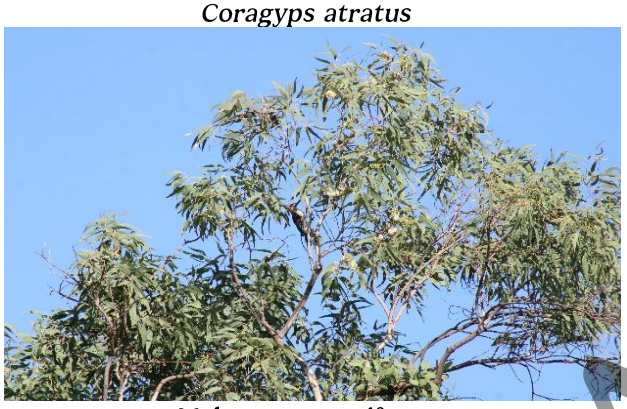
CONSULTA PÚBLICA



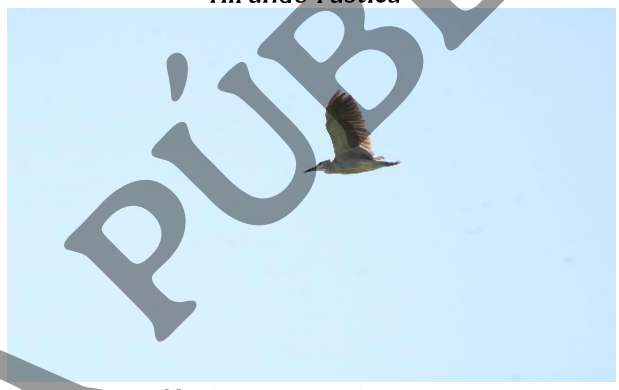
Coragyps atratus



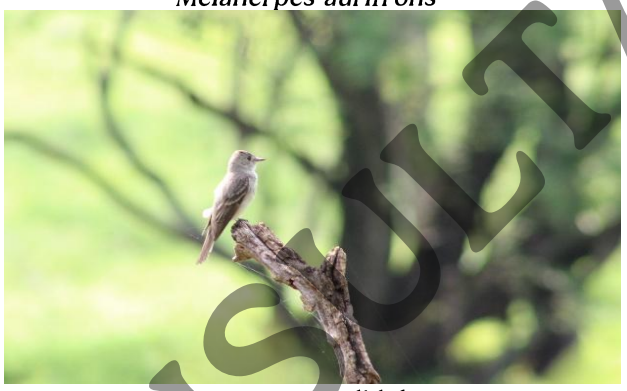
Hirundo rustica



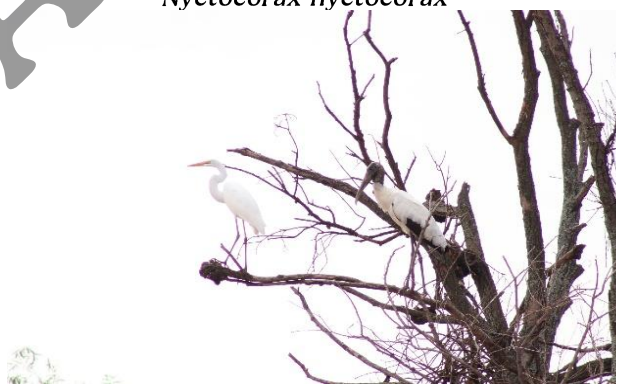
Melanerpes aurifrons



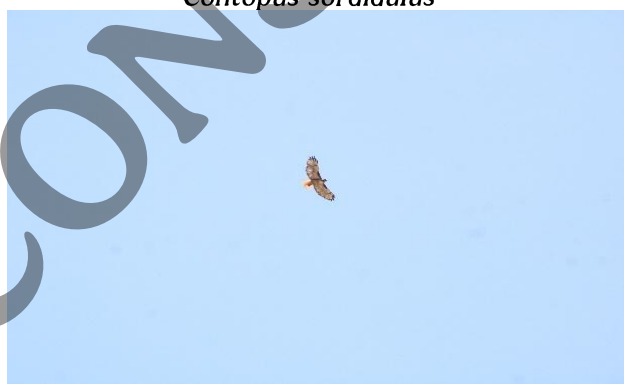
Nyctocorax nyctocorax



Contopus sordidulus



Mycteria americana



Buteo jamaicensis

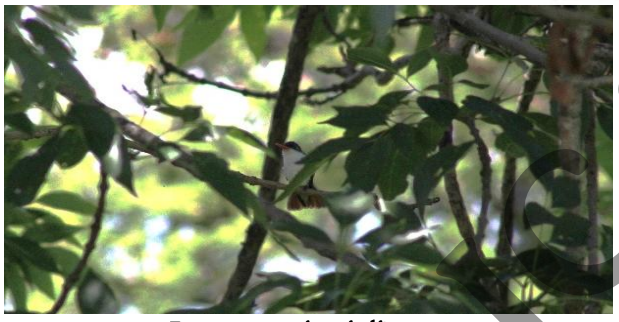


Caracara plancus

CONSULTA PÚBLICA



Cynanthus latirostris



Ramosomyia violiceps

MAMÍFEROS



Didelphis virginiana



Otospermophilus variegatus

REPTILES



Sceloporus torquatus



Sceloporus dugesii



Urosaurus bicarinatus

Figura 203. Registro fotográfico de algunas especies de fauna registradas en el AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Respecto a las especies con alguna categoría de riesgo nacional, en la RE se encontraron 5 especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), en tanto que en el AP se encontraron 3 spp. enlistadas en alguna de estas categorías, como se detalla a continuación:

- **Sujetas a Protección Especial (Pr)** se registraron 4 especies en la RE y 2 spp. en el AP, siendo estas *Mycteria americana* y *Tachybaptus dominicus* registradas tanto en el AP como en la RE, así como las especies *Buteogallus anthracinus* y *Kinosternon integrum* únicamente para la RE.
- **Amenazadas (A)** se registró 1 especie en esta categoría tanto en la RE como en el AP: *Anas diazi.*

Tabla III.170. Especies de fauna registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Categorías de riesgo	Región Ecológica (RE)		Área del Proyecto (AP)	
	Total de especies	Porcentaje	Total de especies	Porcentaje
Sujeta a Protección Especial (Pr)	4	80.00	2	66.67
Amenazada (A)	1	20.00	1	33.33
Total	**5**	**100.00**	**3**	**100.00**

En cuanto a los riesgos internacionales, en la RE 70 especies se registraron dentro de los apéndices de la CITES, todas en el apéndice II. Por otro lado, en el AP se registraron 4 especies, igualmente todas en el apéndice II, asimismo, no se encontraron especies registradas en los apéndices II y III. Finalmente, en el caso de la Lista Roja de la IUCN, para la RE 70 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo ante el comercio ilegal, todas en la categoría de Preocupación menor (LC), por su parte, en el AP son 51 especies registradas en esta misma categoría (LC).

CONSULTA PÚBLICA



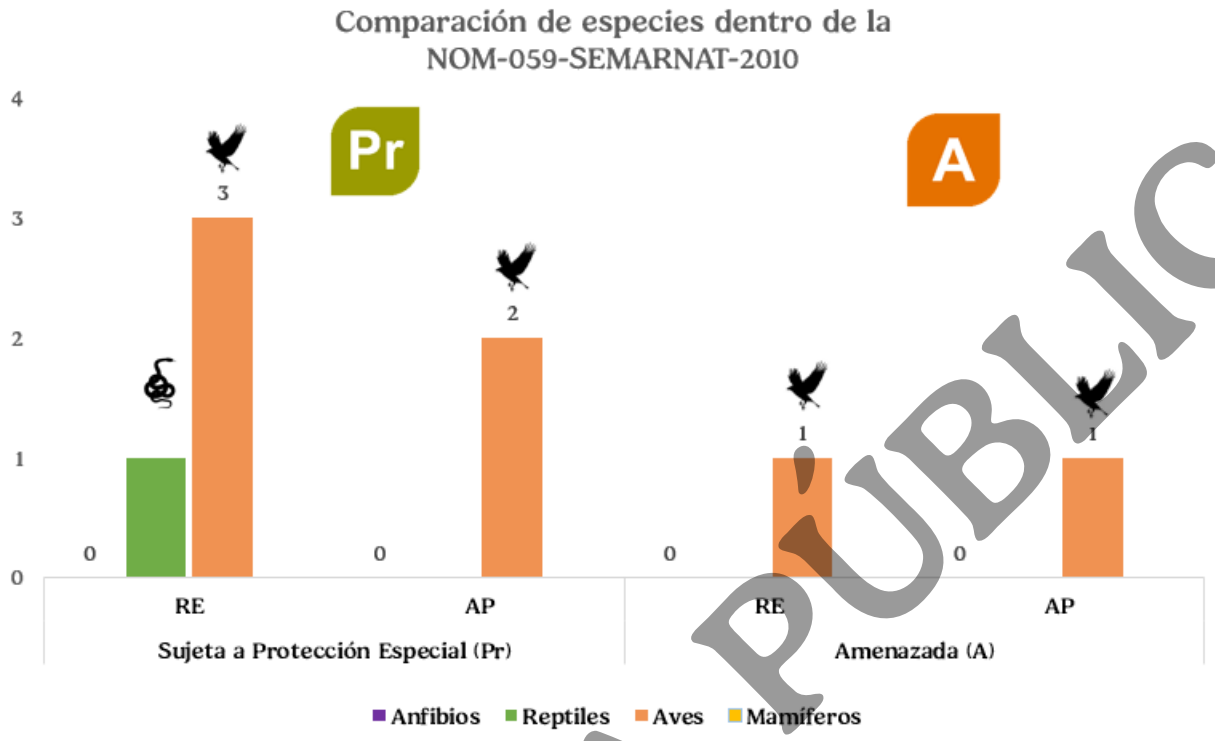


Figura III.204. **Comparación de especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

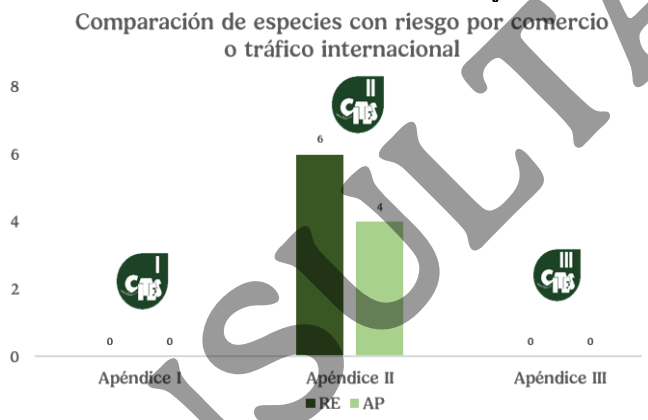


Figura III.205. **Comparación de especies identificadas dentro de los apéndices de la CITES dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**



Figura III.206. **Comparación de especies identificadas con riesgo internacional conforme a la Lista Roja de la IUCN dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

Finalmente, se obtuvo que el grupo que estuvo mejor representado en la RE y en el AP fue el de las aves, con valores de 3.896 y 3.639 respectivamente en el índice de Shannon-Wiener (H'), lo que indica un nivel de diversidad ALTA. A este grupo le siguieron los reptiles con valores de 1.639 (RE) y 0.804 (AP) indicando diversidad BAJA, así como los mamíferos con 0.950 (RE) y 0.673 (AP) y los anfibios con 0.995 (RE), todos estos resultandos en un nivel de diversidad BAJA, y finalmente diversidad NULA para el grupo de los anfibios en el AP puesto que se registró una única especie (*Dryophytes eximius*).

CONSULTA PÚBLICA

- **Patrones de abundancia y densidad**

A continuación, se presenta la riqueza y abundancia por grupo faunístico en la región ecológica (RE) y en el área de proyecto (AP), destacando las especies dominantes para cada grupo.

- **Anfibios**

Para este grupo se reportaron únicamente 3 especies (*Anaxyrus compactilis, Craugastor occidentalis* y *Dryophytes eximius*) en la región ecológica, donde *Dryophytes eximius* fue la especie dominante al reportar una abundancia de 5 individuos, mientras que las otras 2 spp. reportaron 2 individuos cada una. De estas, únicamente se registró a *Dryophytes eximius* en el área de proyecto con abundancia de 2 individuos.

Tabla III.171. Abundancia de anfibios registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo	Especie	Nombre común	AP	RE
Anfibios	*Anaxyrus compactilis*	Sapo de la meseta		2
Anfibios	*Craugastor occidentalis*	Rana ladradora costera		2
Anfibios	*Dryophytes eximius*	Rana arborícola de montaña	2	5
Total			**2**	**9**

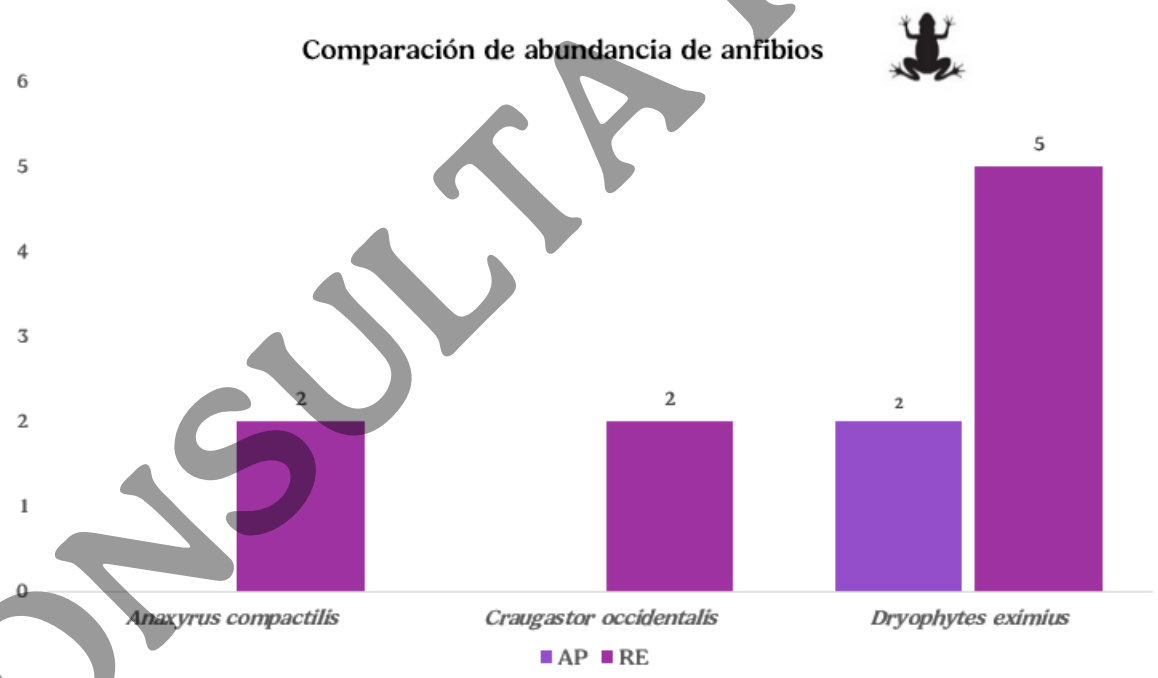


Figura III.207. Comparación de abundancia de anfibios identificados dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

- **Reptiles**

En cuanto a los reptiles, se reportaron 6 especies en la RE registrando una abundancia total de 24 individuos, donde la especie dominante fue *Sceloporus dugesii* (lagartija espinosa de Duges) con 9 individuos, seguida de *Aspidoscelis gularis* y *Sceloporus torquatus* con 4 individuos cada una. El resto de las especies obtuvieron abundancias de 2 y 3 individuos. En tanto, para el AP se reportó una abundancia total de 17 individuos donde se registraron únicamente 3 de las 6 especies reportadas en la RE, siendo estas *Kinosternon integrum, Sceloporus dugesii* y *Sceloporus torquatus,* donde *S. dugesii* fue la más abundante al registrar 12 individuos, mientras que *K. integrum* reportó 3 ind. y *S. torquatus* únicamente 2 individuos, siendo esta la menos abundante para este grupo faunístico.

Tabla III.172. Abundancia de reptiles registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo	Especie	Nombre común	AP	RE
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Abaniquillo pañuelo del Pacífico		2
Reptiles	*Aspidoscelis gularis*	Huico texano		4
Reptiles	*Kinosternon integrum*	Tortuga pecho quebrado mexicana	3	3
Reptiles	*Sceloporus dugesii*	Lagartija espinosa de Duges	12	9
Reptiles	*Sceloporus torquatus*	Lagartija espinosa de collar	2	4
Reptiles	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de árbol del Pacífico		2
Total			**17**	**24**

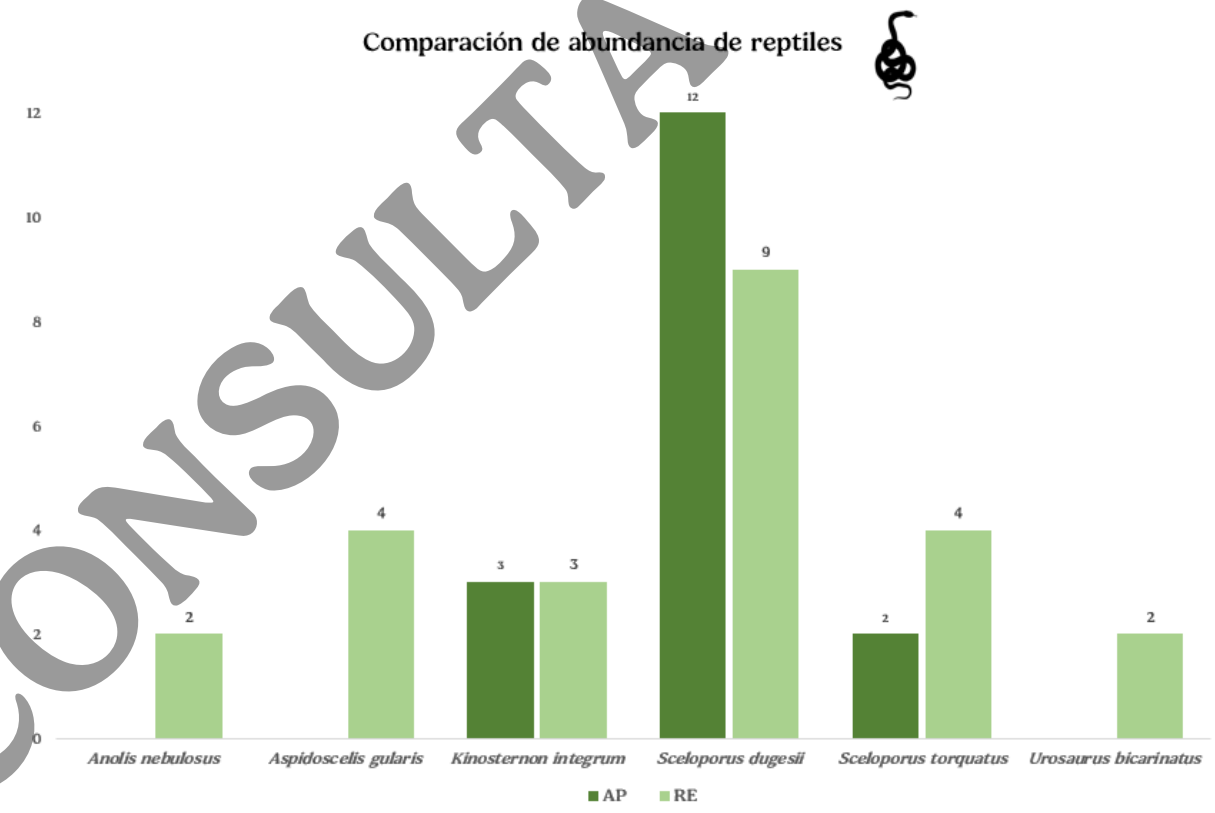


Figura III.208. Comparación de abundancia de reptiles identificados dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



- **Aves**

Para el grupo de las aves, se reportaron 59 especies en la región ecológica registrando una abundancia total de 329 individuos, donde la especie dominante fue *Plegadis chihi* con 18 individuos, seguida de *Sporophila torqueola* con 13 ind. y con 12 individuos cada una de las especies *Coragyps atratus, Crotophaga sulcirostris* y *Psaltriparus minimus*, en tanto, el resto de las especies obtuvieron abundancias entre 1 y 11 individuos. Por otro lado, en el área de proyecto se reportó una abundancia total de 218 individuos donde se registraron 46 de las 59 especies reportadas en la RE, siendo *Columbina inca* y *Sporophila torqueola* las especies más abundantes registrando 13 individuos cada una. A estas especies le siguen *Ardea alba* con 10 individuos reportados, así como *Campylorhynchus gularis, Passerina caerulea* y *Peucaea ruficauda* con 9 ind. cada una, así estas las especies más representativas para el grupo de las aves en el AP.

Tabla III.173. Abundancia de aves registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo	Nombre científico	Nombre común	AP	RE
Aves	*Anas diazi*	Pato mexicano	8	7
Aves	*Ardea alba*	Garza blanca	10	3
Aves	*Ardea ibis*	Garza ganadera		9
Aves	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	2	1
Aves	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	2	2
Aves	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor		1
Aves	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito chillón		6
Aves	*Campylorhynchus gularis*	Matraca serrana	9	10
Aves	*Caracara plancus*	Caracara	3	2
Aves	*Cathartes aura*	Zopilote aura	2	9
Aves	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor		2
Aves	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	13	10
Aves	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo		4
Aves	*Contopus sordidulus*	Papamoscas del Oeste	3	4
Aves	*Coragyps atratus*	Zopilote común	5	12
Aves	*Corvus corax*	Cuervo común	4	9
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy		12
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	2	6
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	4	7
Aves	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano		5
Aves	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	2	3
Aves	*Geothlypis poliocephala*	Mascarita pico grueso	2	2
Aves	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	4	4
Aves	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	8	5
Aves	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas		4
Aves	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	6	2
Aves	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	4	3
Aves	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	2	4
Aves	*Melanotis caerulescens*	Mulato azul	2	3
Aves	*Melozone fusca*	Rascador viejita		5
Aves	*Melozone kieneri*	Rascador Nuca Canela	8	11
Aves	*Mimus polyglottos*	Sinsonte norteño	9	7
Aves	*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	2	5
Aves	*Molothrus ater*	Tordo Cabeza Café	9	9
Aves	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	3	4
Aves	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza		18
Aves	*Nycticorax nycticorax*	Garza Nocturna Corona Negra	6	12

CONSULTA PÚBLICA



Grupo	Nombre científico	Nombre común	AP	RE
Aves	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	7	7
Aves	*Passerina caerulea*	Picogordo azul	6	6
Aves	*Passerina versicolor*	Colorín morado	1	2
Aves	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada		5
Aves	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	3	5
Aves	*Plegadis chihi*	Ibis ojos rojos	13	13
Aves	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	5	3
Aves	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	1	3
Aves	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	2	4
Aves	*Ramosomyia violiceps*	Colibrí Corona Violeta	3	4
Aves	*Sayornis nigricans*	Papamoscas negro	4	3
Aves	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	8	10
Aves	*Sporophila torqueola*	Semillero de collar	5	5
Aves	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	2	5
Aves	*Sturnella lilianae*	Pradero altiplanero		2
Aves	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	8	11
Aves	*Thryomanes bewickii*	Saltapared cola larga	9	7
Aves	*Thryophilus sinaloa*	Saltapared sinaloense	2	5
Aves	*Toxostoma curvirostre*	Cuitlacoche pico curvo	9	9
Aves	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	3	4
Aves	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador		18
Aves	*Zenaida macroura*	Huilota común	6	12
Total			**218**	**329**

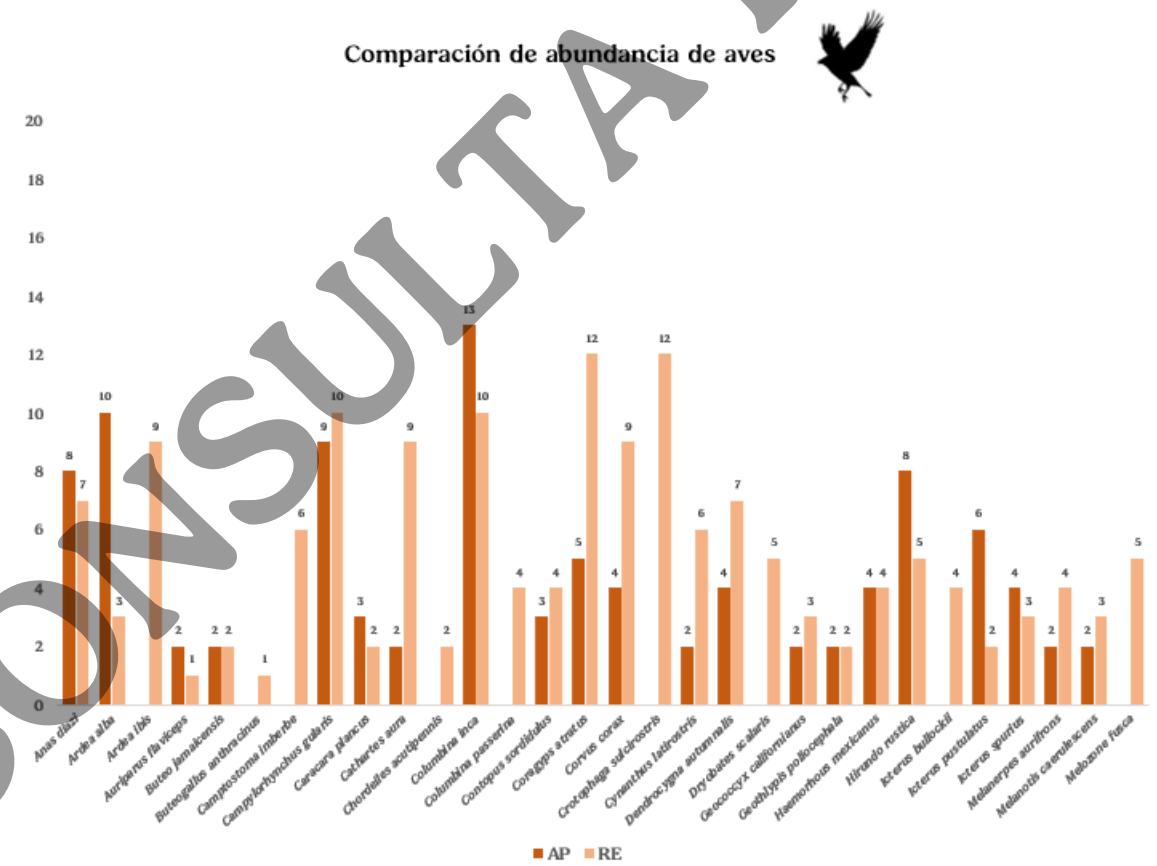


Figura III.209. Comparación de abundancia de aves identificadas dentro de la RE y AP (1). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



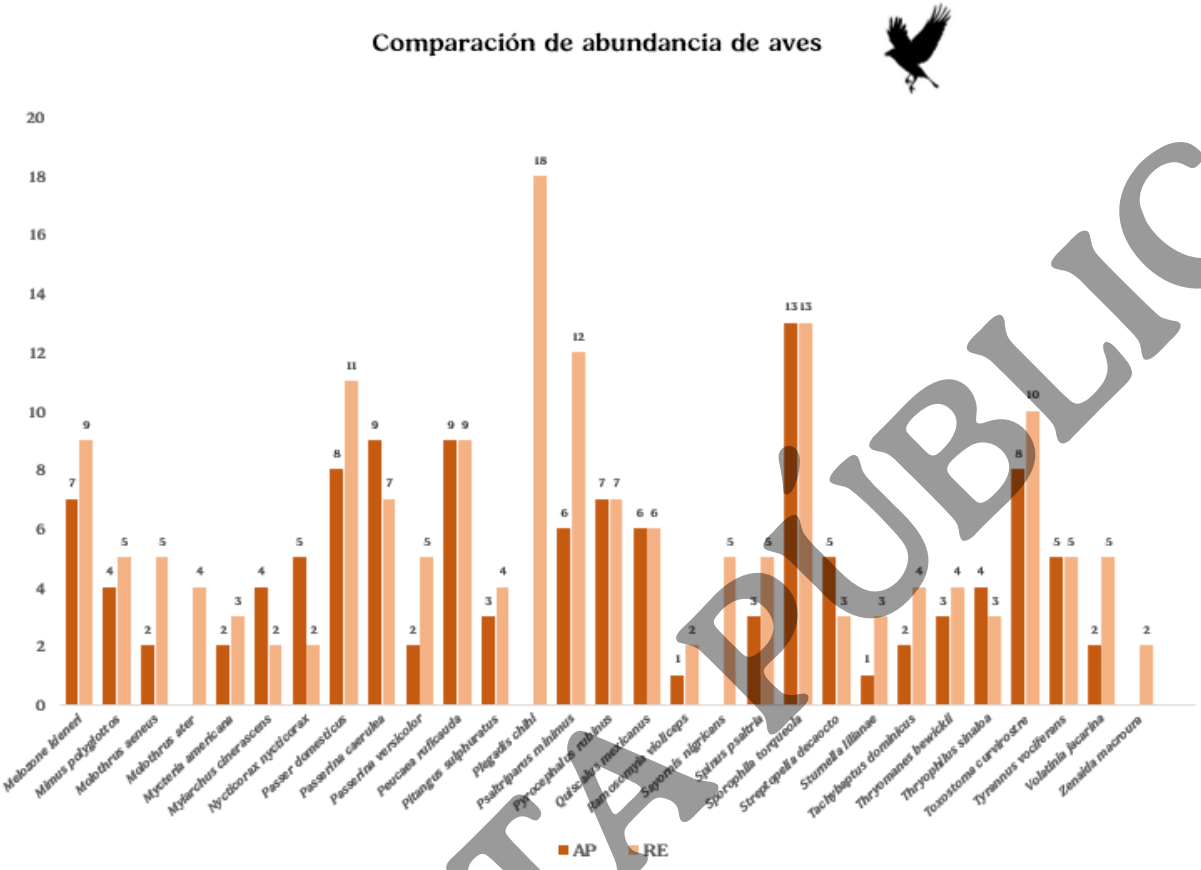


Figura III.210. Comparación de abundancia de aves identificadas dentro de la RE y AP (2). Elaboración propia.

- **Mamíferos**

Por último, en el grupo de los mamíferos se reportaron únicamente 3 especies en la RE registrando una abundancia total de 10 individuos, donde la especie que presentó mayor abundancia fue *Didelphis virginiana* (tlacuache norteño) con 6 individuos, seguida de *Dicotyles tajacu* y *Otospermophilus variegatus* con 2 individuos cada una. En cuanto al AP se reportó una abundancia total de 5 individuos donde se registraron únicamente 2 de las 3 especies reportadas en la RE, siendo estas *Dicotyles tajacu* y *Didelphis virginiana,* siendo esta última la más abundante al registrar 3 individuos, mientras que *D. tajacu* reportó únicamente 2 individuos, siendo esta la menos abundante para este grupo faunístico en el área de proyecto.

Tabla III.174. Abundancia de mamíferos registrados dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo	Especie	Nombre común	AP	RE
Mamíferos	*Dicotyles tajacu*	Pecarí de collar	2	2
Mamíferos	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	3	6
Mamíferos	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de Rocas		2
Total			**5**	**10**

CONSULTA PÚBLICA



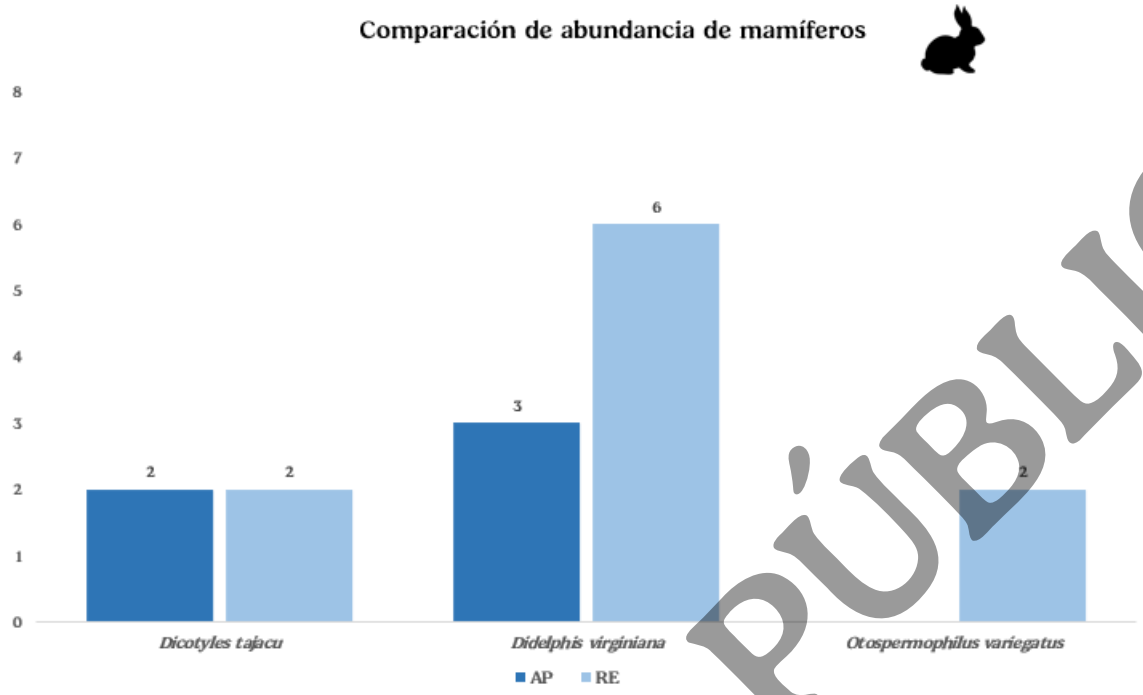


Figura III.211. Comparación de abundancia de mamíferos identificados dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

En conclusión, cada uno de los grupos faunísticos presentó una abundancia total mayor en la región ecológica en contraste con el área de proyecto, así como también mayor diversidad en especies. Cabe destacar que todas las especies registradas en el AP se comparten con la RE.

- **Patrones de biodiversidad**

En cuanto al índice de equitatividad de Pielou (J') resultó en un nivel ALTO para el grupo de las aves, tanto en la RE como en el AP, con valores de 0.955 y 0.950 respectivamente, lo que indica que las especies se distribuyen de manera uniforme. A éste le siguen los mamíferos en la RE con valor de 0.865 y 0.971 en el AP (ambos con nivel ALTO), los reptiles con 0.915 en la RE (ALTO) y 0.732 en el AP (MEDIO) y finalmente los anfibios con 0.906 en la RE (ALTO) y valor NULO en el AP debido a la única especie registrada.

Tabla III.175. Índices de diversidad de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Índice de Shannon-Wiener (H')		Nivel de biodiversidad		Máximo de Índice de Shannon-Wiener (H' max)		Índice de equitatividad de Pielou (J')		Índice de Simpson		Nivel de equitatividad	
	RE	AP	RE	AP	RE	AP	RE	AP	RE	AP	RE	AP
Anfibios	0.995	0.000	Baja	Nula	1.099	0.000	0.906	0.000	0.407	1.000	Alta	Nula
Aves	3.896	3.639	Alta	Alta	4.078	3.829	0.955	0.950	0.024	0.031	Alta	Alta
Mamíferos	0.950	0.673	Baja	Baja	1.099	0.693	0.865	0.971	0.440	0.520	Alta	Alta
Reptiles	1.639	0.804	Baja	Baja	1.792	1.099	0.915	0.732	0.226	0.543	Alta	Media

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.176. Serie de números de Hill de la RE y el AP. Elaboración propia.

Grupo faunístico	q0 (Riqueza)		q1 (Especies comunes)		q2 (Especies dominantes)	
	RE	AP	RE	AP	RE	AP
Anfibios	3	1	3	1	2	1
Aves	59	46	49	38	42	33
Mamíferos	3	2	3	2	2	2
Reptiles	6	3	5	2	4	2

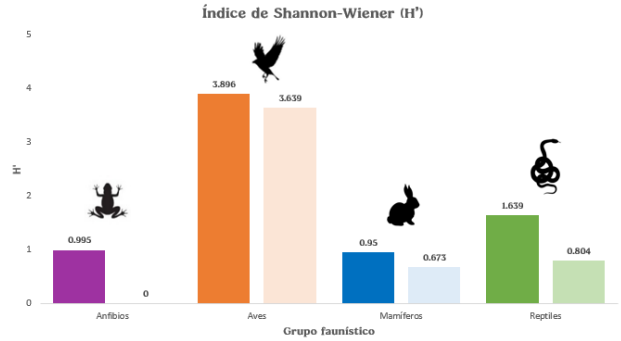


Figura III.212. **Índice de Shannon-Wiener (H') de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia.**

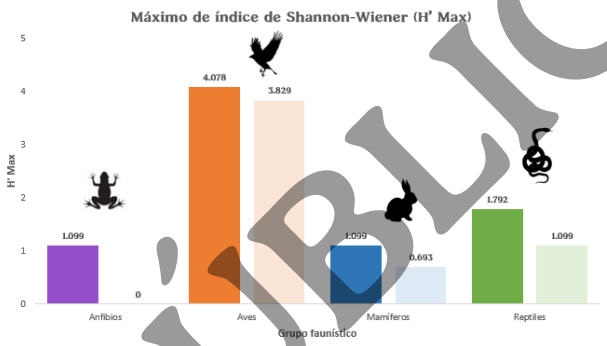


Figura III.213. **Máximo de índice de Shannon-Wiener (H') de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia.**

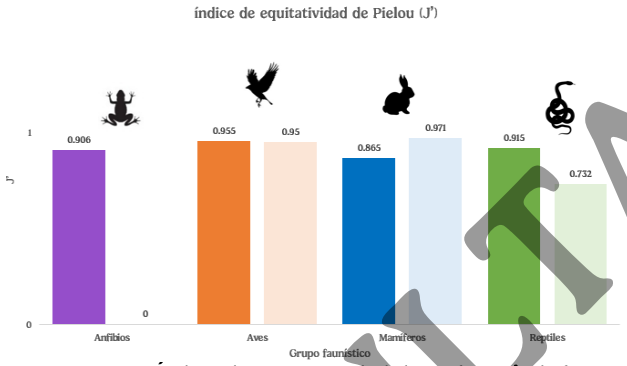


Figura III.214. **Índice de Equitatividad de Pielou (J') de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia.**

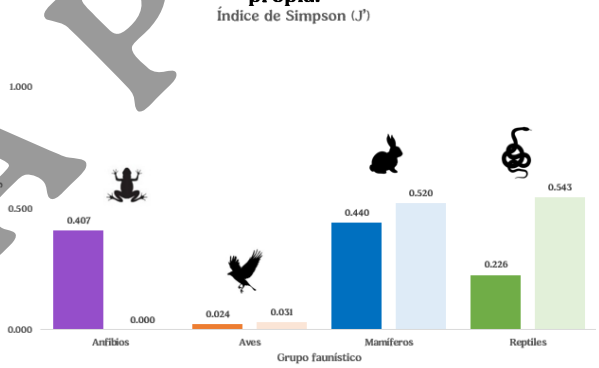


Figura III.215. **Índice de Simpson (λ) de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia.**

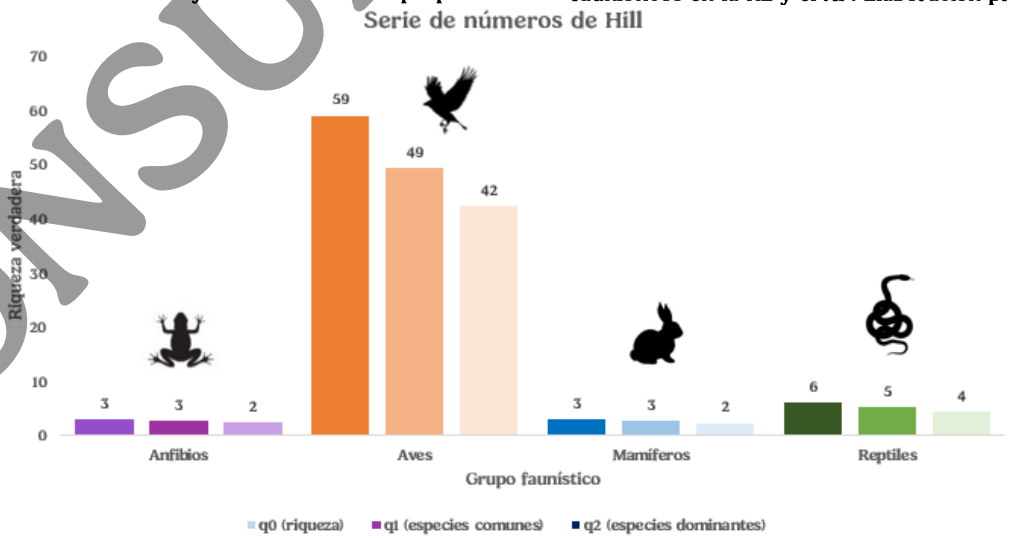


Figura III.216. **Serie de números de Hill de los grupos faunísticos en la RE y el AP. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



e.3) Especies de importancia para la conservación incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), la lista roja de la IUCN y los apéndices de la CITES, así como las señaladas por instituciones nacionales

i. Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al anexo normativo III (14 de noviembre de 2010)

- **Anfibios**

Con base en los muestreos biológicos y el análisis de las especies de anfibios potenciales dentro de la RE, se determinó que de manera potencial se registran 14 anfibios con alguna categoría de riesgo, de las cuales ninguna se registró para los muestreos de la RE y el AP.

Tabla III.177. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Ambystoma amblycephalum	Sujeta a protección especial (Pr)			
Ambystoma velasci	Sujeta a protección especial (Pr)			
Dendropsophus sartori	Amenazada (A)			
Eleutherodactylus angustidigitorum	Sujeta a protección especial (Pr)			
Hypopachus ustus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Isthmura bellii	Amenazada (A)			
Lithobates berlandieri	Sujeta a protección especial (Pr)			
Lithobates chiricahuensis	Amenazada (A)			
Lithobates forreri	Sujeta a protección especial (Pr)			
Lithobates megapoda	Sujeta a protección especial (Pr)			
Lithobates montezumae	Sujeta a protección especial (Pr)			
Lithobates neovolcanicus	Amenazada (A)			
Lithobates pustulosus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Smilisca dentata	Amenazada (A)			

- **Aves**

Con base en los muestreos biológicos y el análisis de las especies de aves potenciales dentro de la RE, se determinó que de manera potencial se registran 61 especies de aves con alguna categoría de riesgo, de las cuales 4 se encuentran registradas en la RE y 3 en el AP, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla III.178. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Astur cooperii	Sujeta a protección especial (Pr)			
Accipiter striatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Anas diazi	Amenazada (A)			
Asio stygius	Amenazada (A)			
Buteo albonotatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Buteo platypterus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Falco peregrinus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Geothlypis tolmiei	Amenazada (A)			

CONSULTA PÚBLICA





Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Leiothlypis crissalis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Myadestes occidentalis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Tachybaptus dominicus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Accipiter atricapillus	Amenazada (A)			
Accipiter striatus velox	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aquila chrysaetos	Amenazada (A)			
Asio flammeus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Athene cunicularia hypugaea	Sujeta a protección especial (Pr)			
Botaurus exilis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Botaurus lentiginosus	Amenazada (A)			
Buteo lineatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Buteo lineatus elegans	Sujeta a protección especial (Pr)			
Buteo swainsoni	Sujeta a protección especial (Pr)			
Buteogallus anthracinus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Buteogallus urubitinga	Sujeta a protección especial (Pr)			
Cairina moschata	En peligro de extinción (P)			
Calidris mauri	Amenazada (A)			
Campephilus guatemalensis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Chondrohierax uncinatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Chondrohierax uncinatus uncinatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Cyrtonyx montezumae	Sujeta a protección especial (Pr)			
Cyrtonyx montezumae mearnsi	Sujeta a protección especial (Pr)			
Cyrtonyx montezumae sallei	Amenazada (A)			
Dactylortyx thoracicus devius	Sujeta a protección especial (Pr)			
Eupherusa ridgwayi	Amenazada (A)			
Euptilotis neoxenus	Amenazada (A)			
Falco mexicanus	Amenazada (A)			
Falco peregrinus anatum	Sujeta a protección especial (Pr)			
Forpus cyanopygius	Sujeta a protección especial (Pr)			
Geothlypis speciosa	En peligro de extinción (P)			
Geranoaetus albicaudatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Harpagus bidentatus fasciatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Hydrobates melania	Amenazada (A)			
Ictinia mississippiensis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Limosa fedoa	Amenazada (A)			
Megascops asio	Sujeta a protección especial (Pr)			
Myadestes occidentalis occidentalis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Mycteria americana	Sujeta a protección especial (Pr)			
Panyptila sanctihieronymi	Sujeta a protección especial (Pr)			
Parabuteo unicinctus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Passerina ciris	Sujeta a protección especial (Pr)			
Phoenicopterus ruber	Amenazada (A)			
Rallus crepitans	Amenazada (A)			
Rallus elegans elegans	Amenazada (A)			
Rallus limicola	Amenazada (A)			
Rallus tenuirostris	En peligro de extinción (P)			
Ramosomyia viridifrons	Amenazada (A)			
Ridgwayia pinicola	Sujeta a protección especial (Pr)			
Tachybaptus dominicus brachypterus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Tigrisoma mexicanum	Sujeta a protección especial (Pr)			
Tilmatura dupontii	Amenazada (A)			
Vireo atricapilla	En peligro de extinción (P)			
Vireo nelsoni	Sujeta a protección especial (Pr)			

CONSULTA PÚBLICA





- **Mamíferos**

Con base en los muestreos biológicos y el análisis de las especies de mamíferos potenciales dentro de la Región Ecológica (RE), se determinó que de manera potencial se registran 20 mamíferos con alguna categoría de riesgo, de las especies registradas en el listado potencial ninguna se registró en alguna categoría de riesgo, tanto en la RE como en el AP, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla III.179. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Cratogeomys fumosus tylorhinus	Amenazada (A)			
Leptonycteris yerbabuenae	Sujeta a protección especial (Pr)			
Bassariscus sumichrasti	Sujeta a protección especial (Pr)			
Choeronycteris mexicana	Amenazada (A)			
Coendou mexicanus	Amenazada (A)			
Cratogeomys fumosus	Amenazada (A)			
Cratogeomys fumosus angustirostris	Amenazada (A)			
Dipodomys phillipsii	Sujeta a protección especial (Pr)			
Eira barbara	En peligro de extinción (P)			
Herpailurus yagouaroundi	Amenazada (A)			
Leopardus wiedii	En peligro de extinción (P)			
Leptonycteris nivalis	Amenazada (A)			
Lontra annectens	Amenazada (A)			
Notiosorex crawfordi	Amenazada (A)			
Notiosorex evotis	Amenazada (A)			
Potos flavus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Sciurus oculatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Sciurus oculatus shawi	Sujeta a protección especial (Pr)			
Sciurus variegatoides goldmani	Sujeta a protección especial (Pr)			
Trachops cirrhosus	Amenazada (A)			

- **Reptiles**

Con base en los muestreos biológicos y el análisis de las especies de anfibios potenciales dentro de la RE, se determinó que de manera potencial se registran 69 reptiles con alguna categoría de riesgo, de las cuales 1 se registró dentro de la RE (*Kinosternon integrum*), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla III.180. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Anolis nebuloides	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis calidipes	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis communis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis communis communis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis costatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis costatus costatus	Sujeta a protección especial (Pr)			

CONSULTA PÚBLICA





Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Aspidoscelis costatus occidentalis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis lineattissimus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Aspidoscelis mexicanus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Barisia imbricata	Sujeta a protección especial (Pr)			
Boa imperator	Amenazada (A)			
Conopsis biserialis	Amenazada (A)			
Corytophanes hernandesii	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus aquilus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus basiliscus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus lepidus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus molossus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus molossus nigrescens	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus polystictus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus scutulatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Crotalus scutulatus scutulatus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Ctenosaura pectinata	Amenazada (A)			
Elgaria kingii	Sujeta a protección especial (Pr)			
Elgaria kingii ferruginea	Sujeta a protección especial (Pr)			
Gerrhonotus liocephalus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Heterodon kennerlyi	Sujeta a protección especial (Pr)			
Hypsiglena affinis	Sujeta a protección especial (Pr)			
Hypsiglena jani	Sujeta a protección especial (Pr)			
Hypsiglena torquata	Sujeta a protección especial (Pr)			
Iguana rhinolopha	Sujeta a protección especial (Pr)			
Imantodes gemmistratus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Imantodes gemmistratus latistratus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Kinosternon hirtipes	Sujeta a protección especial (Pr)			
Kinosternon hirtipes hirtipes	Sujeta a protección especial (Pr)			
Kinosternon hirtipes murrayi	Sujeta a protección especial (Pr)			
Kinosternon integrum	Sujeta a protección especial (Pr)			
Lampropeltis mexicana	Amenazada (A)			
Lampropeltis polyzona	Amenazada (A)			
Lampropeltis ruthveni	Amenazada (A)			
Leptodeira maculata	Sujeta a protección especial (Pr)			
Leptophis diplotropis	Amenazada (A)			
Masticophis flagellum	Amenazada (A)			
Micruroides euryxanthus	Amenazada (A)			
Micrurus diastema	Sujeta a protección especial (Pr)			
Micrurus distans	Sujeta a protección especial (Pr)			
Phrynosoma orbiculare	Amenazada (A)			
Phrynosoma orbiculare cortezii	Amenazada (A)			
Pituophis deppei	Amenazada (A)			
Pituophis deppei deppei	Amenazada (A)			
Plestiodon dugesii	Sujeta a protección especial (Pr)			
Plestiodon lynxe	Sujeta a protección especial (Pr)			
Plestiodon lynxe lynxe	Sujeta a protección especial (Pr)			
Rhadinaea hesperia	Sujeta a protección especial (Pr)			
Salvadora bairdi	Sujeta a protección especial (Pr)			
Salvadora mexicana	Sujeta a protección especial (Pr)			
Sceloporus grammicus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Sceloporus grammicus microlepidotus	Sujeta a protección especial (Pr)			
Thamnophis cyrtopsis	Amenazada (A)			
Thamnophis cyrtopsis collaris	Amenazada (A)			
Thamnophis eques	Amenazada (A)			
Thamnophis eques diluvialis	Amenazada (A)			
Thamnophis eques eques	Amenazada (A)			

CONSULTA PÚBLICA



Nombre científico	Categoría de riesgo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Thamnophis eques megalops	Amenazada (A)			
Thamnophis melanogaster	Amenazada (A)			
Thamnophis melanogaster canescens	Amenazada (A)			
Thamnophis scalaris	Amenazada (A)			
Thamnophis scaliger	Amenazada (A)			
Trachemys scripta elegans	Sujeta a protección especial (Pr)			
Xantusia sanchezi	En peligro de extinción (P)			

ii. Especies endémicas

Respecto a las especies endémicas, dentro del listado potencial de la RE, se registraron 225 especies con algún grado de endemismo de acuerdo con su distribución, siendo de tal manera 185 especies consideradas como endémicas, 28 semiendémicas y 12 cuasiendémicas. Para los registros en campo, dentro de la RE se registraron 13 especies endémicas, mientras que en el AP se registraron 9. En la siguiente tabla se enlistan las especies con algún grado de endemismo presentes en la RE y el AP, destacando que todas ellas se encuentran en el listado potencial, el resto de las especies potenciales (212 spp.), así como las que se enlistan en la siguiente tabla, se encuentran en el anexo ***Listado potencial de fauna.***

Tabla III.181. Listado de especies catalogadas como endémicas. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Nombre científico	Grado de endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro de la RE
Anfibios	*Anaxyrus compactilis*	Endémica			
	Craugastor occidentalis	Endémica			
	Dryophytes eximius	Endémica			
Aves	*Campylorhynchus gularis*	Endémica			
	Melanotis caerulescens	Endémica			
	Melozone kieneri	Endémica			
	Sporophila torqueola	Endémica			
	Thryophilus sinaloa	Endémica			
Reptiles	*Anolis nebulosus*	Endémica			
	Kinosternon integrum	Endémica			
	Sceloporus dugesii	Endémica			
	Sceloporus torquatus	Endémica			
	Urosaurus bicarinatus	Endémica			

iii. Especies de importancia para la conservación reconocidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el Gobierno del estado de Guanajuato y Jalisco

- **Especies prioritarias para el estado de Guanajuato**

De acuerdo con el *Estudio de Estado de la Biodiversidad de Guanajuato* (CONABIO, 2012), se realiza un recopilado de la riqueza biológica del estado de Guanajuato (consultar en https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20260915134554). Dicha publicación revisada y depurada por *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).*

CONSULTA PÚBLICA



- ***Anfibios***

Con base en esto, de las 25 especies de anfibios registradas para el estado de Guanajuato 9 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 3 de ellas como amenazadas (A) y 6 sujetas a protección especial (Pr). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro de la Región Ecológica (RE), así como durante los muestreos de la RE y el AP.

Tabla III.182. Especies endémicas y prioritarias de anfibios para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Ambystoma velasci	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Anaxyrus debilis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Aquiloeurycea cephalica	Amenazada (A)	Endémica			
Eleutherodactylus verrucipes	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Isthmura bellii	Amenazada (A)	Endémica			
Lithobates berlandieri	Sujeta a protección especial (Pr)				
Lithobates berlandieri neovolcanicus	Amenazada (A)	Endémica			
Lithobates megapoda	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Lithobates montezumae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

- ***Aves***

Con base en esto, de las 366 especies de aves registradas para el estado de Guanajuato 32 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 7 de ellas como amenazadas (A), 20 sujetas a protección especial (Pr) y 5 spp. en peligro de extinción (P). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro del Región Ecológica (RE).

Tabla III.183. Especies endémicas y prioritarias de aves para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Accipiter striatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Amazona oratrix	En peligro de extinción (P)	Cuasiendémica			
Aquila chrysaetos	Amenazada (A)				
Ara militaris	En peligro de extinción (P)				
Astur cooperii	Sujeta a protección especial (Pr)				
Botaurus exilis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Botaurus lentiginosus	Amenazada (A)				
Buteo albonotatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo lineatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo swainsoni	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteogallus anthracinus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Calidris mauri	Amenazada (A)				
Cyrtonyx montezumae	Sujeta a protección especial (Pr)				
Dactylortyx thoracicus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Falco mexicanus	Amenazada (A)				
Falco peregrinus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Geothlypis speciosa	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Geothlypis tolmiei	Amenazada (A)				
Myadestes occidentalis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Myadestes townsendi	Sujeta a protección especial (Pr)				
Mycteria americana	Sujeta a protección especial (Pr)				
Panyptila sanctihieronymi	Sujeta a protección especial (Pr)				

CONSULTA PÚBLICA



Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Parabuteo unicinctus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Passerina ciris	Sujeta a protección especial (Pr)				
Penelope purpurascens	Amenazada (A)				
Psittacara holochlorus	Amenazada (A)				
Ridgwayia pinicola	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Setophaga chrysoparia	En peligro de extinción (P)				
Spizella wortheni	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Tachybaptus dominicus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Vireo nelsoni	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Xenotriccus mexicanus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

- ***Mamíferos***

Con base en esto, de las 87 especies de mamíferos registrados para el estado de Guanajuato 10 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 4 de ellas como amenazadas (A), 3 spp. sujetas a protección especial (Pr) y 3 en peligro de extinción (P). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro del Región Ecológica (RE).

Tabla III.184. Especies endémicas y prioritarias de mamíferos para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Antilocapra americana	En peligro de extinción (P)				
Choeronycteris mexicana	Amenazada (A)				
Dipodomys phillipsii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Herpailurus yagouaroundi	Amenazada (A)				
Leopardus pardalis	En peligro de extinción (P)				
Leopardus wiedii	En peligro de extinción (P)				
Leptonycteris nivalis	Amenazada (A)				
Leptonycteris yerbabuenae	Sujeta a protección especial (Pr)				
Sciurus oculatus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Taxidea taxus	Amenazada (A)				

- ***Reptiles***

Con base en esto, de las 81 especies de reptiles registrados para el estado de Guanajuato 31 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 12 de ellas como amenazadas (A) y 19 sujetas a protección especial (Pr). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro del Región Ecológica (RE).

Tabla III.185. Especies endémicas y prioritarias de reptiles para la conservación dentro del estado de Guanajuato y su registro dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Aspidoscelis communis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Barisia imbricata	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Conopsis biserialis	Amenazada (A)	Endémica			
Crotalus aquilus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Crotalus molossus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Crotalus polystictus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Crotalus scutulatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Gerrhonotus liocephalus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Hypsiglena jani	Sujeta a protección especial (Pr)				
Kinosternon hirtipes	Sujeta a protección especial (Pr)				
Kinosternon integrum	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Lampropeltis mexicana	Amenazada (A)	Endémica			
Lepidophyma occulor	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Leptophis diplotropis	Amenazada (A)	Endémica			
Leptophis mexicanus	Amenazada (A)				
Masticophis flagellum	Amenazada (A)				
Phrynosoma orbiculare	Amenazada (A)	Endémica			
Pituophis deppei	Amenazada (A)	Endémica			
Plestiodon dugesii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Plestiodon lynxe	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Rhadinaea hesperia	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Salvadora bairdi	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Salvadora mexicana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Sceloporus grammicus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Tantilla rubra	Sujeta a protección especial (Pr)				
Thamnophis copei	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Thamnophis cyrtopsis	Amenazada (A)				
Thamnophis eques	Amenazada (A)				
Thamnophis melanogaster	Amenazada (A)	Endémica			
Thamnophis scalaris	Amenazada (A)	Endémica			
Thamnophis scaliger	Amenazada (A)	Endémica			

- **Especies prioritarias del estado de Jalisco**

De acuerdo con el *Estudio de Estado de la Biodiversidad de Jalisco* (CONABIO, 2017) (consultar en https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20260915133844 y https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20260915134154) se realiza un recopilado de la riqueza biológica del estado de Jalisco. Dicha publicación fue revisada y depurada por *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).*

- ***Anfibios***

Con base en esto, de las 51 especies de anfibios registradas para el estado de Jalisco 21 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 4 de ellas como amenazadas (A) y 17 sujetas a protección especial (Pr). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro de la Región Ecológica (RE), así como durante los muestreos de la RE y el AP

Tabla III.186. Especies endémicas y prioritarias de anfibios para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Ambystoma amblycephalum	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Ambystoma rosaceum	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Ambystoma velasci	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Anaxyrus debilis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Dendropsophus sartori	Amenazada (A)	Endémica			
Dermophis oaxacae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Eleutherodactylus angustidigitorum	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Eleutherodactylus modestus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Eleutherodactylus pallidus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Eleutherodactylus rufescens	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Eleutherodactylus teretistes	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Exerodonta smaragdina	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Hypopachus ustus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Isthmura bellii	Amenazada (A)	Endémica			
Lithobates berlandieri neovolcanicus	Amenazada (A)	Endémica			
Lithobates forreri	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Lithobates megapoda	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Lithobates montezumae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Lithobates pustulosus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Sarcohyla bistincta	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Smilisca dentata	Amenazada (A)	Endémica			

- ***Aves***

Con base en esto, de las 565 especies de aves registradas para el estado de Jalisco 97 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 31 de ellas como amenazadas (A), 48 sujetas a protección especial (Pr), 16 spp. en peligro de extinción (P) y 2 spp. como probablemente extintas en el medio silvestre (E). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro del Región Ecológica (RE).

Tabla III.187. Especies endémicas y prioritarias de aves para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Accipiter striatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Amaurospiza concolor	En peligro de extinción (P)				
Amazona oratrix	En peligro de extinción (P)	Cuasiendémica			
Anarhynchus montanus	Amenazada (A)				
Antigone canadensis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Aquila chrysaetos	Amenazada (A)				
Ara militaris	En peligro de extinción (P)				
Aramides axillaris	Amenazada (A)				
Aramus guarauna	Amenazada (A)				
Ardenna creatopus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Ardenna pacifica	Amenazada (A)				
Asio flammeus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Asio stygius	Amenazada (A)				
Astur cooperii	Sujeta a protección especial (Pr)				
Botaurus exilis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Botaurus lentiginosus	Amenazada (A)				
Busarellus nigricollis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo albonotatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo lineatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo platypterus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo regalis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteo swainsoni	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteogallus anthracinus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Buteogallus solitarius	En peligro de extinción (P)				
Buteogallus urubitinga	Sujeta a protección especial (Pr)				
Cairina moschata	En peligro de extinción (P)				
Calidris mauri	Amenazada (A)				
Campephilus guatemalensis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Campephilus imperialis	Probablemente extinta en el medio silvestre (E)	Endémica			
Campylorhynchus rufinucha	Amenazada (A)	Endémica			
Catharus frantzii	Amenazada (A)				
Charadrius melodus	En peligro de extinción (P)				
Chondrohierax uncinatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Cinclus mexicanus	Sujeta a protección especial (Pr)				

CONSULTA PÚBLICA



Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Crypturellus cinnamomeus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Cypseloides storeri	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Cyrtonyx montezumae	Sujeta a protección especial (Pr)				
Dactylortyx thoracicus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Dendrortyx macroura	Amenazada (A)	Endémica			
Egretta rufescens	En peligro de extinción (P)				
Eupherusa ridgwayi	Amenazada (A)	Endémica			
Eupsittula canicularis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Euptilotis neoxenus	Amenazada (A)	Cuasiendémica			
Falco femoralis	Amenazada (A)				
Falco mexicanus	Amenazada (A)				
Falco peregrinus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Forpus cyanopygius	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Geothlypis tolmiei	Amenazada (A)				
Geranoaetus albicaudatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Geranospiza caerulescens	Amenazada (A)				
Glaucidium palmarum	Amenazada (A)	Endémica			
Grallaria guatimalensis	En peligro de extinción (P)				
Grus americana	En peligro de extinción (P)				
Harpagus bidentatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Hydrobates melania	Amenazada (A)	Semiendémica			
Hydrobates microsoma	Amenazada (A)	Semiendémica			
Larus heermanni	Sujeta a protección especial (Pr)	Semiendémica			
Leiothlypis crissalis	Sujeta a protección especial (Pr)	Semiendémica			
Limosa fedoa	Amenazada (A)				
Megascops seductus	Amenazada (A)	Endémica			
Micrastur semitorquatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Myadestes occidentalis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Myadestes townsendi	Sujeta a protección especial (Pr)				
Mycteria americana	Sujeta a protección especial (Pr)				
Nomonyx dominicus	Amenazada (A)				
Nyctiphrynus mcleodii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Panyptila sanctihieronymi	Sujeta a protección especial (Pr)				
Parabuteo unicinctus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Passerina ciris	Sujeta a protección especial (Pr)				
Penelope purpurascens	Amenazada (A)				
Phaethon aethereus	Amenazada (A)				
Progne sinaloae	Sujeta a protección especial (Pr)	Semiendémica			
Puffinus opisthomelas	En peligro de extinción (P)	Semiendémica			
Rallus elegans	Amenazada (A)				
Rallus limicola	Amenazada (A)				
Ramphotrigon flammulatum	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Rhynchopsitta pachyrhyncha	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Ridgwayia pinicola	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Rostrhamus sociabilis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Sarcoramphus papa	En peligro de extinción (P)				
Sitta canadensis	Probablemente extinta en el medio silvestre (E)				
Spizaetus ornatus	En peligro de extinción (P)				
Sternula antillarum	Sujeta a protección especial (Pr)				
Streptoprocne semicollaris	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Strix occidentalis	Amenazada (A)				
Sula nebouxii	Sujeta a protección especial (Pr)				
Sula sula	Amenazada (A)				
Tachybaptus dominicus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Thalasseus elegans	Sujeta a protección especial (Pr)	Semiendémica			
Tigrisoma mexicanum	Sujeta a protección especial (Pr)				
Tilmatura dupontii	Amenazada (A)				
Turdus infuscatus	En peligro de extinción (P)				
Vireo atricapilla	En peligro de extinción (P)	Semiendémica			
Vireo brevipennis	Amenazada (A)	Endémica			
Vireo nelsoni	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Xenospiza baileyi	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Xenotriccus mexicanus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA

- ***Mamíferos***





Con base en esto, de las 189 especies de mamíferos registrados para el estado de Jalisco 39 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 11 de ellas como amenazadas (A), 24 spp. sujetas a protección especial (Pr) y 4 en peligro de extinción (P). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro del Región Ecológica (RE).

Tabla III.188. Especies endémicas y prioritarias de mamíferos para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Choeronycteris mexicana	Amenazada (A)				
Cratogeomys fumosus	Amenazada (A)	Endémica			
Cryptotis alticola	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Cynomops mexicanus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Delphinus delphis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Enchisthenes hartii	Sujeta a protección especial (Pr)				
Eschrichtius robustus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Grampus griseus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Herpailurus yagouaroundi	Amenazada (A)				
Heteromys spectabilis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Kogia breviceps	Sujeta a protección especial (Pr)				
Kogia sima	Sujeta a protección especial (Pr)				
Lagenodelphis hosei	Sujeta a protección especial (Pr)				
Leopardus pardalis	En peligro de extinción (P)				
Leopardus wiedii	En peligro de extinción (P)				
Leptonycteris nivalis	Amenazada (A)				
Leptonycteris yerbabuenae	Sujeta a protección especial (Pr)				
Megaptera novaeangliae	Sujeta a protección especial (Pr)				
Megasorex gigas	Amenazada (A)	Endémica			
Mesoplodon peruvianus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Musonycteris harrisoni	En peligro de extinción (P)	Endémica			
Nelsonia goldmani	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Nelsonia neotomodon	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Notiosorex crawfordi	Amenazada (A)				
Notiosorex evotis	Amenazada (A)	Endémica			
Orcinus orca	Sujeta a protección especial (Pr)				
Orthogeomys grandis	Amenazada (A)				
Oryzomys fulgens	Amenazada (A)	Endémica			
Panthera onca	En peligro de extinción (P)				
Pseudorca crassidens	Sujeta a protección especial (Pr)				
Spilogale pygmaea	Amenazada (A)	Endémica			
Stenella attenuata	Sujeta a protección especial (Pr)				
Stenella coeruleoalba	Sujeta a protección especial (Pr)				
Stenella longirostris	Sujeta a protección especial (Pr)				
Steno bredanensis	Sujeta a protección especial (Pr)				
Tursiops truncatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Xenomys nelsoni	Amenazada (A)	Endémica			
Zalophus californianus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Ziphius cavirostris	Sujeta a protección especial (Pr)				

- ***Reptiles***

Con base en esto, de las 160 especies de reptiles registrados para el estado de Jalisco 79 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 23 de ellas como amenazadas (A), 50 spp. sujetas a protección especial (Pr) y 6 en peligro de extinción (P). A continuación, se presenta este listado de especies y se indica si fueron identificadas durante los muestreos biológicos en campo o los registros potenciales dentro del Región Ecológica (RE).

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.189. Especies endémicas y prioritarias de reptiles para la conservación dentro del estado de Jalisco y su registro dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Agkistrodon bilineatus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Aspidoscelis communis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Aspidoscelis costatus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Aspidoscelis lineattissimus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Barisia imbricata	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Boa imperator	Amenazada (A)				
Caretta caretta	En peligro de extinción (P)				
Chelonia mydas	En peligro de extinción (P)				
Coleonyx elegans	Amenazada (A)				
Conopsis biserialis	Amenazada (A)	Endémica			
Crocodylus acutus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Crotalus aquilus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Crotalus basiliscus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Crotalus lannomi	Amenazada (A)	Endémica			
Crotalus lepidus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Crotalus molossus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Crotalus polystictus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Crotalus pricei	Sujeta a protección especial (Pr)				
Crotalus pusillus	Amenazada (A)	Endémica			
Crotalus scutulatus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Ctenosaura clarki	Amenazada (A)	Endémica			
Ctenosaura pectinata	Amenazada (A)	Endémica			
Dermochelys coriacea	En peligro de extinción (P)				
Dipsas gaigeae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Elgaria kingii	Sujeta a protección especial (Pr)				
Enulius oligostichus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Eretmochelys imbricata	En peligro de extinción (P)				
Geophis annuliferus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Geophis bicolor	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Geophis petersii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Geophis tarascae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Gerrhonotus liocephalus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Heloderma horridum	Amenazada (A)	Endémica			
Hypsiglena affinis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Hypsiglena jani	Sujeta a protección especial (Pr)				
Hypsiglena torquata	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Imantodes gemmistratus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Kinosternon hirtipes	Sujeta a protección especial (Pr)				
Kinosternon integrum	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Lampropeltis mexicana	Amenazada (A)	Endémica			
Lampropeltis polyzona	Amenazada (A)				
Lampropeltis ruthveni	Amenazada (A)	Endémica			
Lepidochelys olivacea	En peligro de extinción (P)				
Leptodeira maculata	Sujeta a protección especial (Pr)				
Leptodeira uribei	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Leptophis diplotropis	Amenazada (A)	Endémica			
Loxocemus bicolor	Sujeta a protección especial (Pr)				
Masticophis flagellum	Amenazada (A)				
Micruroides euryxanthus	Amenazada (A)				
Micrurus distans	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Micrurus laticollaris	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Micrurus proximans	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Micrurus proximans	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Phrynosoma asio	Sujeta a protección especial (Pr)				
Phrynosoma orbiculare	Amenazada (A)	Endémica			
Pituophis deppei	Amenazada (A)	Endémica			
Plestiodon dugesii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Plestiodon lynxe	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Pseudoleptodeira latifasciata	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Rena bressoni	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Rhadinaea hesperia	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Rhinoclemmys pulcherrima	Amenazada (A)				
Rhinoclemmys rubida	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA

Nombre científico	Categoría de riesgo	Endemismo	Registro potencial en la RE	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Salvadora bairdi	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Salvadora mexicana	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Sceloporus asper	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Sceloporus grammicus	Sujeta a protección especial (Pr)				
Sceloporus insignis	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Symphimus leucostomus	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Tantilla calamarina	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Tantilla cascadae	Amenazada (A)	Endémica			
Thamnophis copei	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Thamnophis cyrtopsis	Amenazada (A)				
Thamnophis eques	Amenazada (A)				
Thamnophis melanogaster	Amenazada (A)	Endémica			
Thamnophis scalaris	Amenazada (A)	Endémica			
Thamnophis scaliger	Amenazada (A)	Endémica			
Tropidodipsas philippii	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica			
Xantusia sanchezi	En peligro de extinción (P)	Endémica			

Es importante destacar que, en los listados de especies de importancia para la conservación incluidas en los Estudios de Estado de Biodiversidad, tanto de Guanajuato como de Jalisco, se encontraron especies con sinonimias por lo que se homologaron las especies de acuerdo con las actualizaciones más recientes de la CONABIO.

iv. Especies exóticas y exóticas-invasoras

De manera potencial, de acuerdo con la base de datos del Sistema Nacional sobre Información de Biodiversidad en México (SNIB), se identificó de manera potencial la presencia de **16 especies exóticas-invasoras** de fauna, de las cuales **tres se registraron para la Región Ecológica (RE) y dos especies para el Área del Proyecto (AP)**, así como **dos especies exóticas,** de las cuales ninguna se registró en la RE ni en el AP. A continuación, se presenta el listado de especies exóticas y exóticas-invasoras que pudieran presentarse y deberán presentar un manejo especial en el marco de este proyecto.

Tabla III.190. Listado de especies exóticas y exóticas-invasoras potenciales y registradas para la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

Grupo	Nombre científico	Distribución	Listado potencial	RE	AP
Aves	*Agapornis fischeri*	Exótica			
	Ardea ibis	Exótica-Invasora			
	Columba livia	Exótica-Invasora			
	Myiopsitta monachus	Exótica-Invasora			
	Passer domesticus	Exótica-Invasora			
	Streptopelia decaocto	Exótica-Invasora			
	Streptopelia roseogrisea	Exótica-Invasora			
	Sturnus vulgaris	Exótica-Invasora			
Mamíferos	*Mus musculus*	Exótica-Invasora			
	Oryctolagus cuniculus	Exótica-Invasora			
	Rattus norvegicus	Exótica-Invasora			
	Rattus rattus	Exótica-Invasora			
Reptiles	*Gehyra mutilata*	Exótica			
	Hemidactylus frenatus	Exótica-Invasora			
	Hemidactylus mabouia	Exótica-Invasora			
	Hemidactylus turcicus	Exótica-Invasora			

*Exóticas: especies que no se distribuyen de manera natural dentro de México.

CONSULTA PÚBLICA



*Exóticas-invasoras: especies que no se distribuyen de manera natural dentro de México y que tienen la capacidad de reproducirse y establecerse dentro de los ecosistemas naturales del país y desplazar a las especies nativas.

e.4) Especies ferales y domésticas

De manera potencial se registraron 2 especies ferales o domésticas (*Gallus gallus* y *Mus musculus*), además, tanto el área del proyecto (AP), así como también gran parte de la RE se encuentran en áreas urbanizadas y/o ligeramente degradadas por actividades agrícolas ofreciendo un escenario más prometedor para la proliferación de especies ferales y domésticas, dadas las actividades antropocéntricas que se llevan a cabo en la zona. Es de este modo que, a través de las actividades realizadas en campo, se registraron un total de 7 especies ferales-domésticas las cuáles se muestran a continuación.

Tabla III.191. Listado de especies ferales y domésticas identificadas. Elaboración propia.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Canis lupus familiaris	Perro
Felis catus	Gato
Bos taurus	Vaca
Equus ferus caballus	Caballo
Capra aegagrus hircus	Cabra o chivo
Gallus gallus domesticus	Gallina
Mus musculus	Ratón común

e.5) Especies polinizadoras

De acuerdo con el listado potencial presentado para la caracterización de la Región Ecológica (RE), se identificó la presencia de 38 especies polinizadoras. De ellas, 28 correspondieron a aves y 10 a mamíferos voladores (murciélagos). Asimismo, de estas especies polinizadoras potenciales, únicamente se registró a *Cynanthus latirostris* (colibrí pico ancho) y *Ramosomyia violiceps* (colibrí corona violeta) tanto en la RE como en el AP.

Tabla 192. Listado de especies polinizadoras registradas de manera potencial dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.

GRUPO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	RE	AP
Aves	Trochilidae	*Archilochus alexandri*	colibrí barba negra		
Aves	Trochilidae	*Archilochus colubris*	colibrí garganta rubí		
Aves	Trochilidae	*Basilinna leucotis*	zafiro oreja blanca, zafiro orejas blancas		
Aves	Trochilidae	*Basilinna leucotis pygmaea*	Sin registro		
Aves	Trochilidae	*Calothorax lucifer*	colibrí lucifer		
Aves	Trochilidae	*Calypte costae*	colibrí cabeza violeta		
Aves	Trochilidae	*Colibri thalassinus*	colibrí orejas violetas		
Aves	Trochilidae	*Cynanthus auriceps*	esmeralda mexicana, esmeralda occidental		
Aves	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	colibrí pico ancho		
Aves	Trochilidae	*Cynanthus latirostris latirostris*	Sin registro		
Aves	Trochilidae	*Cynanthus latirostris magicus*	Sin registro		
Aves	Trochilidae	*Cynanthus latirostris propinquus*	Sin registro		
Aves	Trochilidae	*Eugenes fulgens*	colibrí magnífico		
Aves	Trochilidae	*Eupherusa ridgwayi*	ninfa mexicana		
Aves	Trochilidae	*Heliomaster constantii*	colibrí picudo, colibrí picudo occidental		
Aves	Trochilidae	*Lampornis clemenciae*	colibrí garganta azul		
Aves	Trochilidae	*Phaethornis longirostris*	colibrí ermitaño mesoamericano, colibrí ermitaño pico largo, ermitaño mexicano		
Aves	Trochilidae	*Ramosomyia violiceps*	colibrí corona violeta		
Aves	Trochilidae	*Ramosomyia viridifrons*	colibrí frente verde		
Aves	Trochilidae	*Saucerottia beryllina*	colibrí berilo		
Aves	Trochilidae	*Saucerottia beryllina viola*	Sin registro		

CONSULTA PÚBLICA



GRUPO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	RE	AP
Aves	Trochilidae	*Saucerottia cyanocephala cyanocephala*	Sin registro		
Aves	Trochilidae	*Selasphorus calliope*	colibrí garganta rayada, zumbador garganta rayada		
Aves	Trochilidae	*Selasphorus heloisa*	zumbador mexicano		
Aves	Trochilidae	*Selasphorus platycercus*	zumbador cola ancha		
Aves	Trochilidae	*Selasphorus rufus*	zumbador canelo, zumbador rufo		
Aves	Trochilidae	*Selasphorus sasin*	zumbador de Allen		
Aves	Trochilidae	*Tilmatura dupontii*	colibrí cola pinta		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Anoura peruana*	murciélago sin cola gris		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Anoura peruana lasiopyga*	chinaco		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Choeronycteris mexicana*	murciélago trompudo mexicano		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Glossophaga commissarisi hespera*	Sin registro		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Glossophaga leachii*	murciélago lenguilargo gris, murciélago		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Glossophaga mutica*	murciélago lengüetón de Pallas		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Glossophaga mutica handleyi*	sopichí (Yuto-nahua)		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Hylonycteris underwoodi minor*	Sin registro		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Leptonycteris nivalis*	murciélago hocicudo mayor		
Mamíferos	Phyllostomidae	*Leptonycteris yerbabuenae*	murciélago hocicudo menor		

e.6) Estacionalidad de las aves

Con base en los muestreos biológicos y el análisis de las especies dentro de la RE y el AP, se registraron 6 especies migratorias (3 de invierno y 3 de verano) en la Región Ecológica, de las cuales 3 se encuentran presentes en el área de proyecto. Asimismo, se registró una especie introducida (también registrada en el AP) y 46 especies residentes, de las cuales 35 se encuentran presentes en el AP. A continuación, se enlistan las especies registradas y su estacionalidad en el área de estudio.

Tabla III.193. Listado de especies migratorias presentes en la RE y el AP. Elaboración propia.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Anas diazi	Pato mexicano	Residente		
Ardea alba	Garza blanca	Residente		
Ardea ibis	Garza ganadera	Migratorio de invierno		
Auriparus flaviceps	Baloncillo	Residente		
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	Residente		
Buteogallus anthracinus	Aguililla negra menor	Residente		
Camptostoma imberbe	Mosquerito chillón	Residente		
Campylorhynchus gularis	Matraca serrana	Residente		
Caracara plancus	Caracara	Residente		
Cathartes aura	Zopilote aura	Residente		
Chordeiles acutipennis	Chotacabras menor	Residente		
Columbina inca	Tortolita Cola Larga	Residente		
Columbina passerina	Tortolita Pico Rojo	Residente		
Contopus sordidulus	Papamoscas del Oeste	Migratorio de verano		
Coragyps atratus	Zopilote común	Residente		
Corvus corax	Cuervo común	Residente		
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	Residente		
Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	Residente		
Dendrocygna autumnalis	Pijije Alas Blancas	SR		
Dryobates scalaris	Carpintero mexicano	Residente		
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	Residente		
Geothlypis poliocephala	Mascarita pico grueso	SR		
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	Residente		
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	Residente		

CONSULTA PÚBLICA

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Registro en campo dentro de la RE	Registro en campo dentro del AP
Icterus bullockii	Calandria Cejas Naranjas	Migratorio de invierno		
Icterus pustulatus	Calandria Dorso Rayado	Residente		
Icterus spurius	Calandria Castaña	Migratorio de verano		
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	Residente		
Melanotis caerulescens	Mulato azul	Residente		
Melozone fusca	Rascador viejita	Residente		
Melozone kieneri	Rascador Nuca Canela	Residente		
Mimus polyglottos	Sinsonte norteño	Residente		
Molothrus aeneus	Tordo Ojos Rojos	Residente		
Molothrus ater	Tordo Cabeza Café	Migratorio de invierno		
Mycteria americana	Cigüeña americana	SR		
Myiarchus cinerascens	Papamoscas Garganta Ceniza	Migratorio de verano		
Nycticorax nycticorax	Garza Nocturna Corona Negra	Residente		
Passer domesticus	Gorrión Doméstico	Introducida		
Passerina caerulea	Picogordo azul	Residente		
Passerina versicolor	Colorín morado	Residente		
Peucaea ruficauda	Zacatonero corona rayada	SR		
Pitangus sulphuratus	Bienteveo Común	Residente		
Plegadis chihi	Ibis ojos rojos	Residente		
Psaltriparus minimus	Sastrecillo	Residente		
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	Residente		
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	Residente		
Ramosomyia violiceps	Colibrí Corona Violeta	Residente		
Sayornis nigricans	Papamoscas negro	Residente		
Spinus psaltria	Jilguerito Dominico	Residente		
Sporophila torqueola	Semillero de collar	Residente		
Streptopelia decaocto	Paloma turca de collar	SR		
Sturnella lilianae	Pradero altiplanero	Residente		
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor	SR		
Thryomanes bewickii	Saltapared cola larga	Residente		
Thryophilus sinaloa	Saltapared sinaloense	Residente		
Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo	Residente		
Tyrannus vociferans	Tirano Chibiú	Residente		
Volatinia jacarina	Semillero brincador	Residente		
Zenaida macroura	Huilota común	Residente		

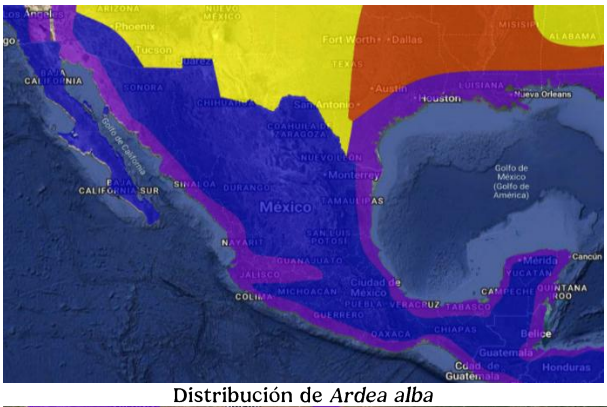
Residente
(durate todo el año)
Migratorio de verano
(en época de reproducción)
Migratorio de invierno
(en época de no reproducción)
Transitorio
(de paso en migración)
Introducida
Reintroducida

Leyenda de la distribución de las especies

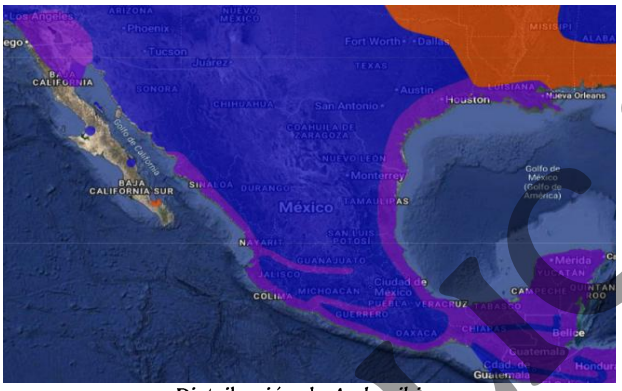


Distribución de *Anas diazi*

CONSULTA PÚBLICA



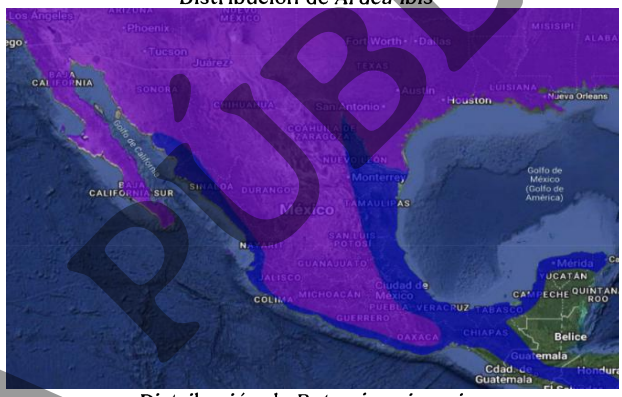
Distribución de *Ardea alba*



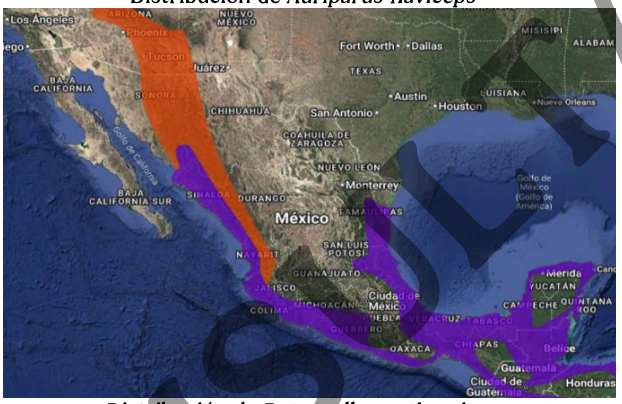
Distribución de *Ardea ibis*



Distribución de *Auriparus flaviceps*



Distribución de *Buteo jamaicensis*



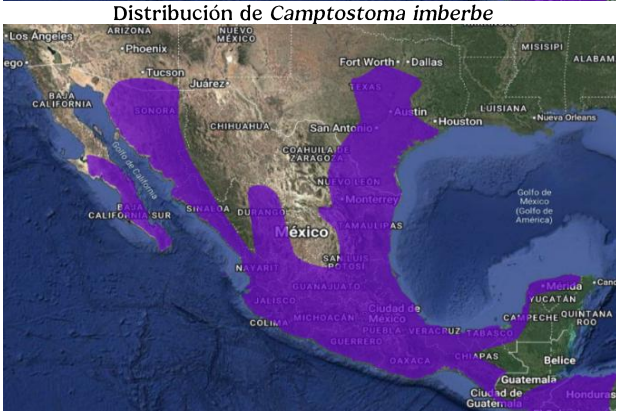
Distribución de *Buteogallus anthracinus*



Distribución de *Camptostoma imberbe*

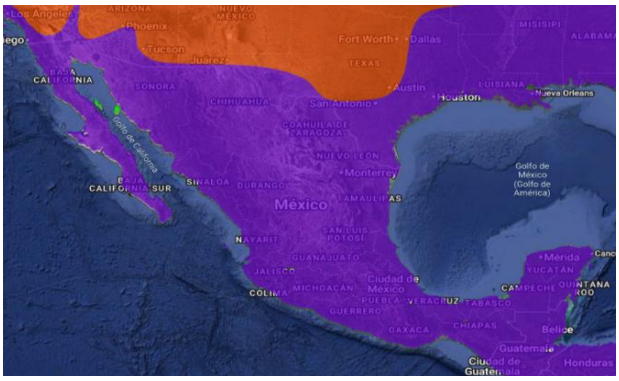


Distribución de *Campylorhynchus gularis*

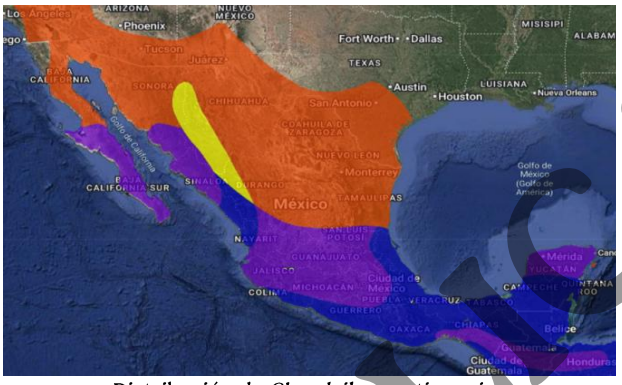


Distribución de *Caracara plancus*

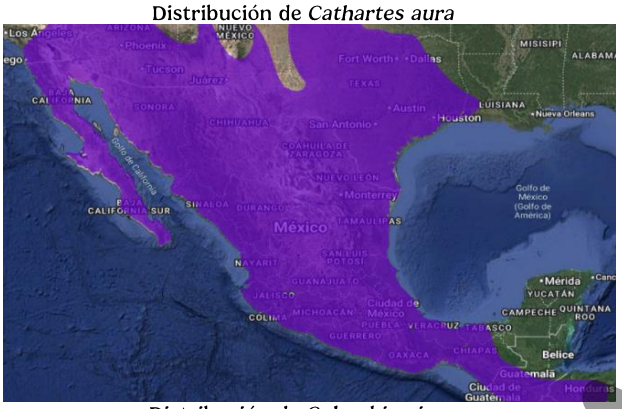
CONSULTA PÚBLICA



Distribución de *Cathartes aura*



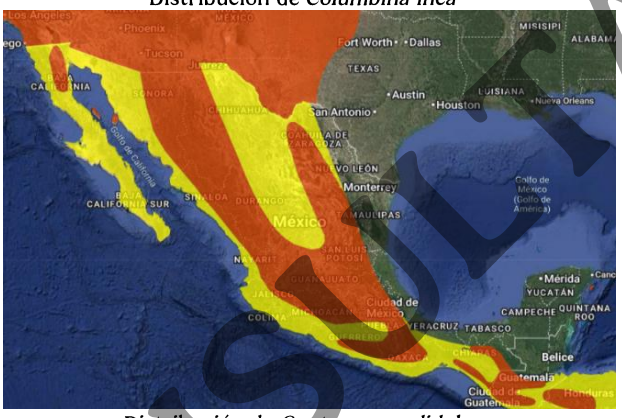
Distribución de *Chordeiles acutipennis*



Distribución de *Columbina inca*



Distribución de *Columbina passerina*



Distribución de *Contopus sordidulus*



Distribución de *Coragyps atratus*



Distribución de *Corvus corax*



Distribución de *Crotophaga sulcirostris*

CONSULTA PÚBLICA



Distribución de *Cynanthus latirostris*



Distribución de *Dendrocygna autumnalis*



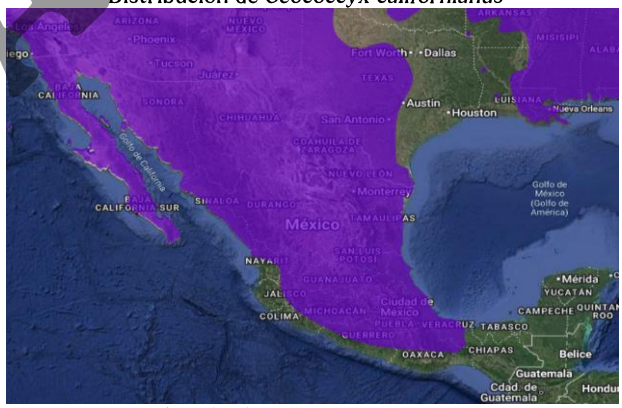
Distribución de *Dryobates scalaris*



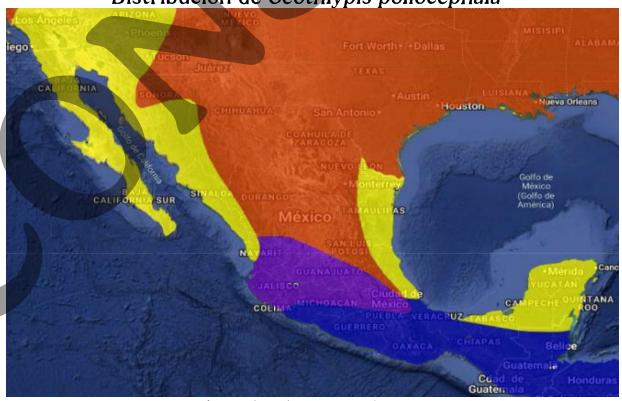
Distribución de *Geococcyx californianus*



Distribución de *Geothlypis poliocephala*



Distribución de *Haemorhous mexicanus*



Distribución de *Hirundo rustica*

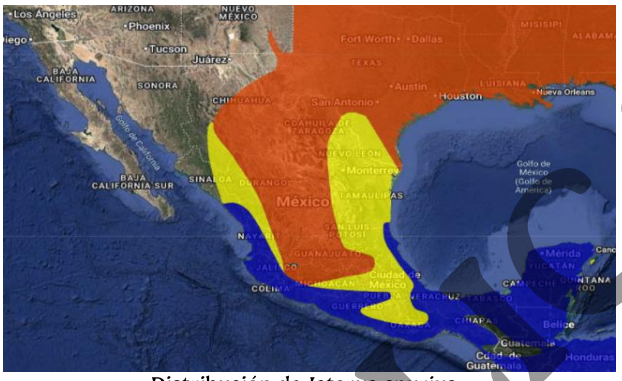


Distribución de *Icterus bullockii*

CONSULTA PÚBLICA



Distribución de *Icterus pustulatus*



Distribución de *Icterus spurius*



Distribución de *Melanerpes aurifrons*



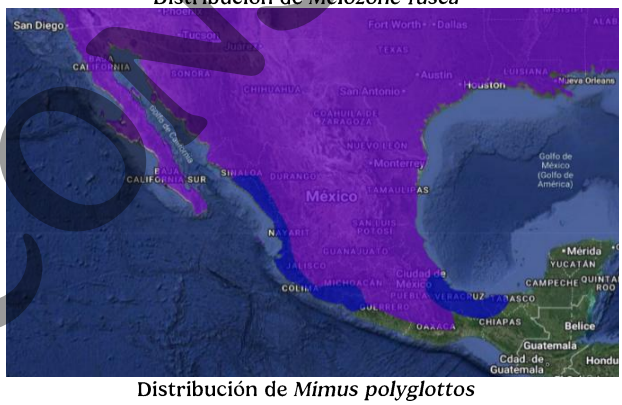
Distribución de *Melanotis caerulescens*



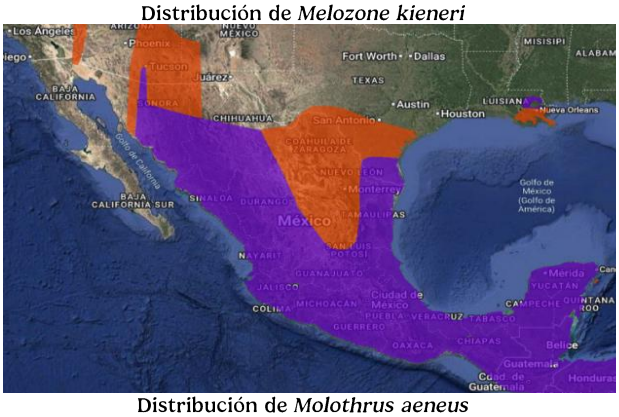
Distribución de *Melozone fusca*



Distribución de *Melozone kieneri*



Distribución de *Mimus polyglottos*



Distribución de *Molothrus aeneus*

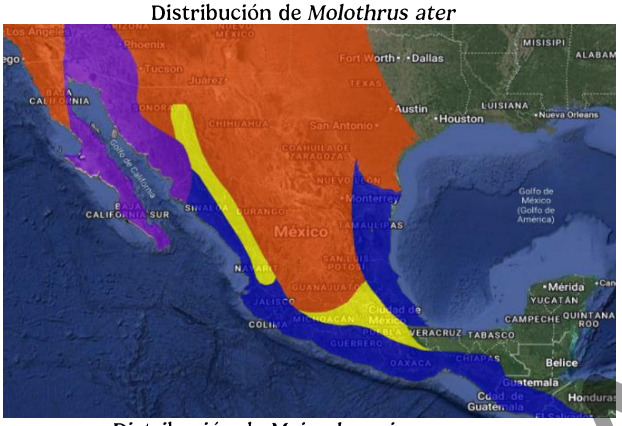
CONSULTA PÚBLICA



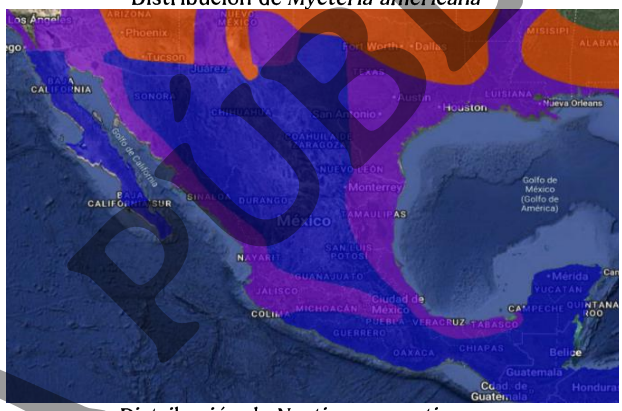
Distribución de *Molothrus ater*



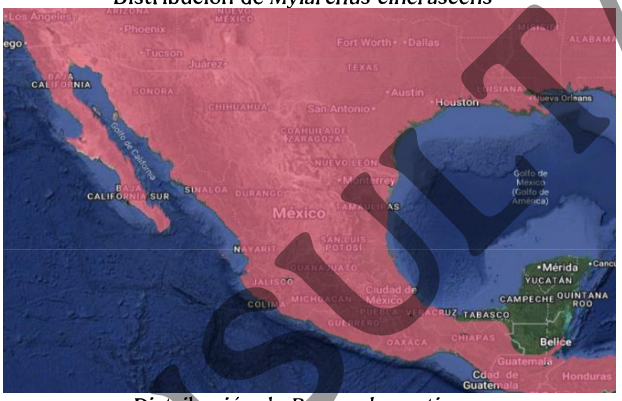
Distribución de *Mycteria americana*



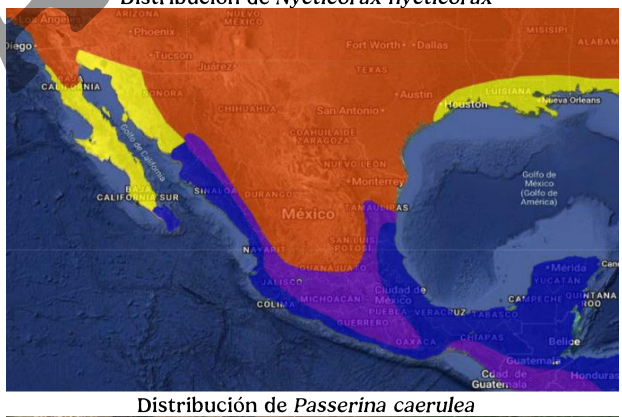
Distribución de *Myiarchus cinerascens*



Distribución de *Nycticorax nycticorax*



Distribución de *Passer domesticus*



Distribución de *Passerina caerulea*



Distribución de *Passerina versicolor*

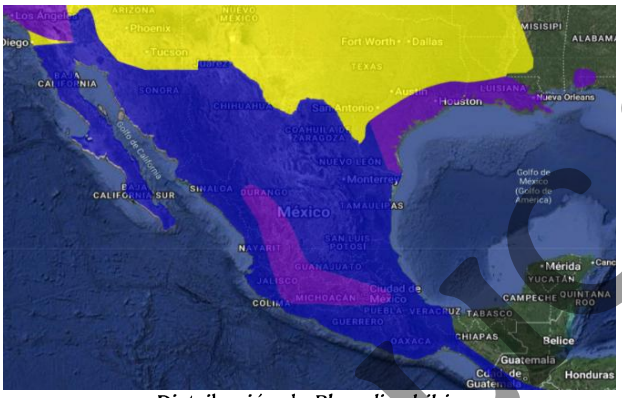


Distribución de *Peucaea ruficauda*

CONSULTA PÚBLICA



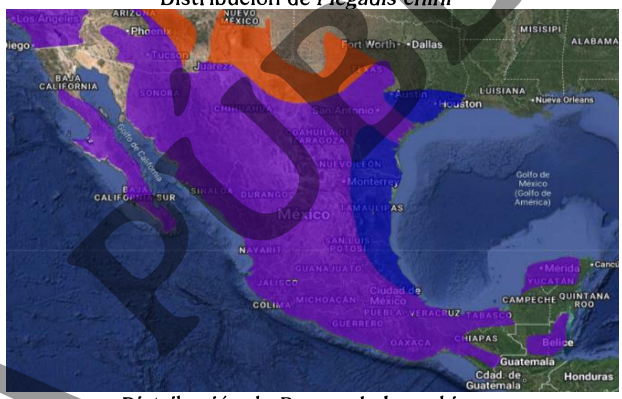
Distribución de *Pitangus sulphuratus*



Distribución de *Plegadis chihi*



Distribución de *Psaltriparus minimus*



Distribución de *Pyrocephalus rubinus*



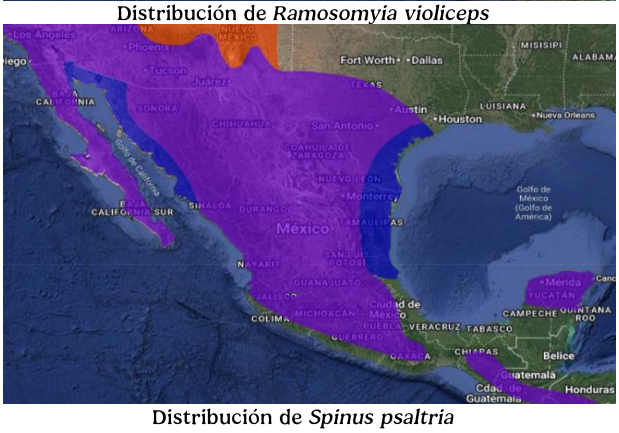
Distribución de *Quiscalus mexicanus*



Distribución de *Ramosomyia violiceps*



Distribución de *Sayornis nigricans*



Distribución de *Spinus psaltria*

CONSULTA PÚBLICA



Distribución de *Sporophila torqueola*



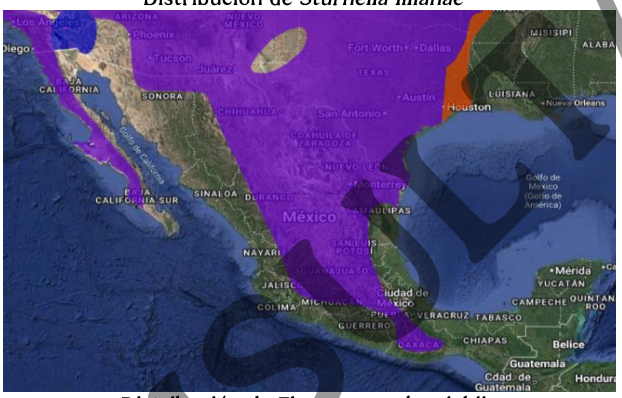
Distribución de *Streptopelia decaocto*



Distribución de *Sturnella lilianae*



Distribución de *Tachybaptus dominicus*



Distribución de *Thryomanes bewickii*



Distribución de *Thryophilus sinaloa*



Distribución de *Toxostoma curvirostre*

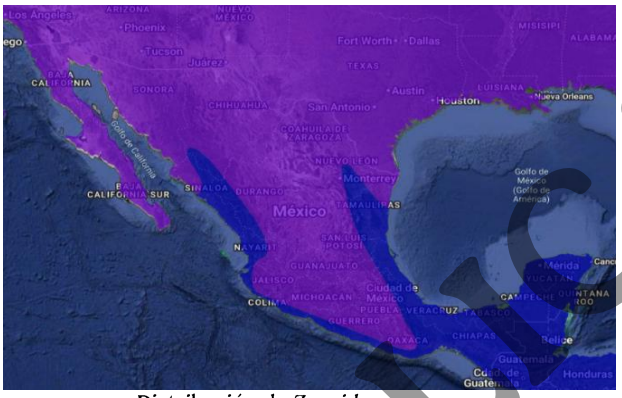


Distribución de *Tyrannus vociferans*

CONSULTA PÚBLICA



Distribución de *Volatinia jacarina*



Distribución de *Zenaida macroura*

- **Figura 217. Distribución de las especies registradas en la RE. Elaboración propia**

f) Conclusiones

Atendiendo a los numerales anteriores se determinó que la RE presentó las mejores condiciones para albergar a las especies identificadas dentro de este estudio, incluyendo a todas las especies que se determinaron dentro del AP, el cual se describió como con comunidad con una calidad de hábitat moderada para el establecimiento de la fauna. No obstante, este proyecto contempla la ejecución de medidas de prevención, mitigación y compensación sobre la fauna (como ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre), explicado en numerales posteriores. Con ello, se concluye que la ejecución de este proyecto **no comprometerá ni afectará a la biodiversidad en términos de la fauna de la Región Ecológica (RE) siempre y cuando se ejecuten las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para este estudio.**

CONSULTA PÚBLICA

III.8. ANÁLISIS RESPECTO A LA INCIDENCIA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL

III.8.1. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 2015 (AICA).

Dentro de la Región Ecológica (RE) se incide dentro de 3 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme a lo siguiente: en 105,421,623 m² dentro de la AICA-27. Sierra de Santa Rosa, en 10,763,782 m² dentro de la AICA-58. Laguna de Chapala, y en 85,225,522 m² dentro de la AICA-248. Bosque la Primavera. En el caso del Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** dentro de AICAs, siendo la más cercana la AICA-248. Bosque La Primavera a más de 10,000 de distancia, y tanto la AICA-27. Sierra de Santa Rosa como la 58. Laguna de Chapala a más de 10,000 m de distancia.

Tabla III.194. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026).

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
27. Sierra de Santa Rosa	-----	>10,000	105,421,624	-----
58. Laguna de Chapala	-----	>10,000	10,763,782	-----
248. Bosque La Primavera		>10,000	85,225,522	-----

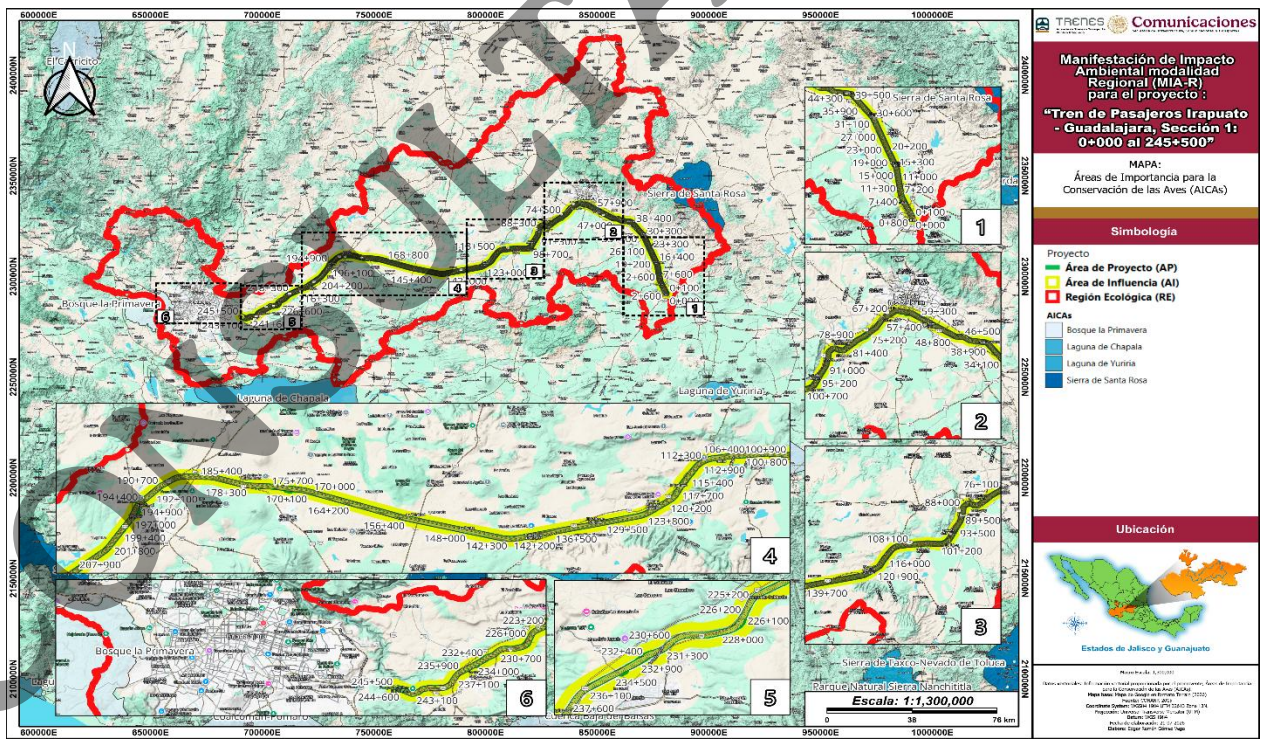


Figura III.218. Incidencia y cercanía de las Áreas de Importancias para la Conservación de las Aves (AICAs) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

III.8.2. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter federales

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: ANP Federal. CONANP.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se incide sobre 2 Áreas Naturales Protegidas (ANPs) a nivel federal conforme a lo siguiente: dentro de 42,552,785 m² dentro del Área de Protección de Recursos Naturales C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit, y en 84,699,567 m² dentro del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. Para el Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** dentro de ningún ANP Federal, siendo la más cercana el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera a una distancia mayor de 10,000 m.

Tabla III.195. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales conforme al análisis SIGEIA (2026).

Áreas Naturales Protegidas Federales	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Área de Protección de Recursos Naturales C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	-----	>10,000	42,552,785	-----
Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera	-----	>10,000	84,699,567	-----

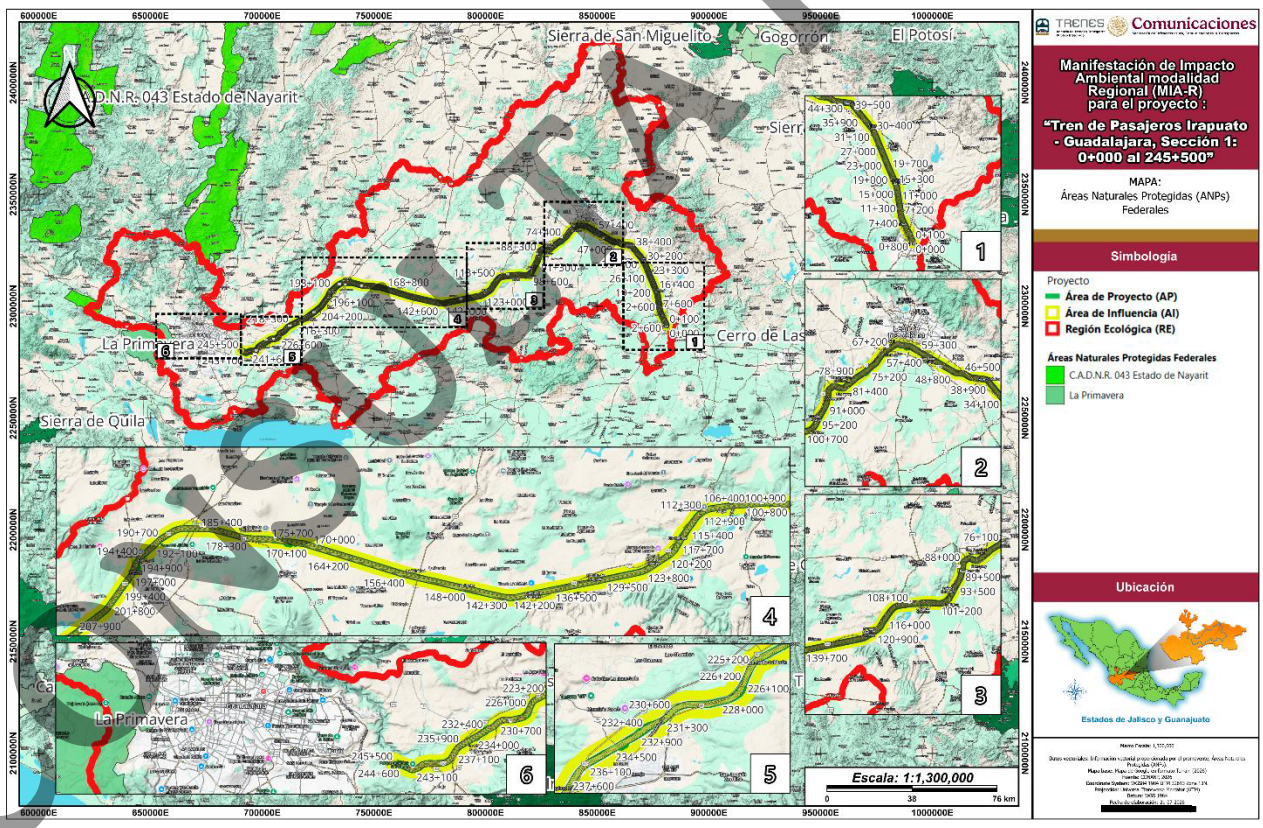


Figura III.219. Incidencia y cercanía de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



A continuación, se presenta una descripción al **Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera** puesto que, si bien, no se presenta incidencia del AP con esta ANP, es importante mencionar que presenta una cercanía e incidencia dentro del Área de Influencia (AI).

El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) La Primavera constituye uno de los espacios naturales de mayor importancia ecológica de la región occidental de México, particularmente por su cercanía con la ciudad de Guadalajara y por la diversidad de ecosistemas, especies vegetales y animales que alberga. El área se encuentra en una zona de transición entre dos importantes provincias florísticas: la sierra madre occidental y las sierras meridionales o eje Neovolcánico transversal. Esta posición biogeográfica, combinada con su relieve volcánico y su diversidad de condiciones ambientales, favorece la presencia de diferentes comunidades vegetales.

La primavera funciona como una importante zona de captación, filtración e infiltración de agua, con una captación media anual de lluvia estimada en aproximadamente 240 millones de metros cúbicos. El agua captada contribuye a tres cuencas hidrológicas importantes de jalisco y a la recarga de acuíferos, pozos, manantiales y norias utilizados por las poblaciones y actividades productivas de su área de influencia.

Los principales tipos de suelo son regosol y litosol. El regosol constituye aproximadamente el 92 % del área, mientras que el litosol representa cerca del 8 %. La conservación de la cobertura vegetal resulta indispensable para mantener la estabilidad del suelo. Esta área actúa como regulador ambiental. La cobertura vegetal contribuye a disminuir la erosión, controlar la sedimentación, capturar carbono, fijar nutrientes y amortiguar las fluctuaciones climáticas generadas por la expansión urbana. Además, el área constituye un hábitat para numerosas especies, un reservorio genético y un espacio de conectividad ecológica.

Descripción geográfica:

El APFF la primavera se localiza en la región central del estado de jalisco, entre los 20°32’ y 20°44’ de latitud norte y 103°28’ y 103°42’ de longitud oeste. Se encuentra entre los valles de Tala, Tesistán, Toluquilla, Atemajac y san isidro Mazatepec, dentro de los municipios de Zapopan, tala y Tlajomulco de Zúñiga.
La altitud varía aproximadamente entre 1,400 y 2,200 msnm.

Tipos de vegetación:

La diversidad vegetal de la primavera está estrechamente relacionada con su posición geográfica y biogeográfica, lo que permite la presencia de diferentes comunidades vegetales en un espacio relativamente reducido.

Las condiciones climáticas, combinadas con la altitud y el relieve, influyen en la distribución de los tipos de vegetación. Las zonas más cálidas y bajas favorecen la presencia del bosque tropical caducifolio, mientras que las zonas de mayor altitud presentan comunidades de encino, pino y encino-pino.

CONSULTA PÚBLICA





- **Bosque de encino (BQ)**

El bosque de encino está constituido principalmente por especies del género *Quercus*. Entre las especies más importantes se encuentran *Quercus resinosa* y *Quercus magnoliifolia*. También aparecen *Quercus castanea, Clethra rosei* y *Arbutus xalapensis*. El estrato arbustivo está representado, entre otras especies, por *Comarostaphylis glaucescens* y *Vaccinium stenophyllum*, mientras que en el estrato herbáceo se encuentran gramíneas y diversas especies de plantas herbáceas y orquídeas.

- **Bosque de encino-pino (BQP)**

El bosque de encino-pino constituye la comunidad más representativa y abundante del APFF la primavera. Se distribuye a través de diferentes gradientes altitudinales y presenta distintas asociaciones de *Quercus* y *Pinus*. Entre las especies registradas destacan:

Quercus castanea
Quercus laeta
Quercus obtusata
Quercus coccolobifolia
Quercus viminea
Qercus magnoliifolia
Pinus oocarpa
Pinus devoniana
Pinus douglasiana
Prunus serotina var. Capuli
Clethra rosei
Agarista mexicana
Arbutus xalapensis

La composición vegetal cambia con la altitud y las condiciones ambientales, generando diferentes asociaciones de encinos y pinos.

- **Bosque de pino (BP)**

El bosque de pino es relativamente escaso y está constituido principalmente por P*inus oocarpa*, acompañado por *Pinus devoniana, Pinus douglasiana, Pinus lumholtzii* y *Pinus luzmariae*.

También se presentan especies como *Arbutus glandulosa, Arbutus xalapensis, Clethra rosei y Quercus magnoliifolia. Pinus luzmariae* destaca como una especie poco común cuya población se encuentra restringida a una pequeña porción del bosque.

- **Bosque tropical caducifolio (BTC) o Selva baja caducifolia (SBC)**

Este tipo de vegetación tiene una distribución limitada y se localiza principalmente en sectores de menor altitud, particularmente hacia el cerro El Colli y la región sureste. Entre sus especies características se encuentran *Ficus petiolaris, Ficus glaucescens, Ficus cotinifolia, Ceiba aesculifolia, Lysiloma acapulcense, Quercus magnoliifolia* y *Qercus resinosa*. También hay diversas especies de *Bursera*, así como plantas herbáceas, lianas, epífitas y orquídeas.

CONSULTA PÚBLICA





- **Vegetación riparia (VR)**

La vegetación riparia se desarrolla a lo largo de ríos y arroyos. Entre las especies registradas se encuentran:

Salix humboldtiana	*Psidium guajava*
Salix taxifolia	*Clethra rosei*
Lysiloma acapulcense	*Tecoma stans*

Estas comunidades cumplen funciones importantes en la protección de los cauces y en la conservación de los ambientes acuáticos.

- **Vegetación rupícola y ruderal**

La vegetación rupícola se desarrolla sobre rocas y cantiles. Entre sus especies se encuentran *Agave guadalajarana, Echeveria dactylifera, Mammillaria jaliscana, Opuntia robusta, Begonia gracilis* y *Ficus petiolaris.*

La vegetación ruderal se encuentra principalmente en sitios perturbados, como caminos, áreas agrícolas abandonadas y zonas modificadas por actividades humanas. Estas plantas pueden funcionar como especies pioneras durante los procesos de sucesión ecológica y ayudar a disminuir la erosión.

Características bióticas:

Flora:

La flora constituye uno de los valores biológicos más importantes de la primavera, con alrededor de 961 especies de plantas vasculares, agrupadas en 6 divisiones, 107 familias y 419 géneros. La división Magnoliophyta es la más importante, con 933 especies, mientras que las otras 5 divisiones en conjunto reúnen solamente 21 especies. Dentro de las angiospermas, Magnoliopsida comprende 621 especies y Liliopsida 312. Las familias con mayor riqueza son Poaceae, Asteraceae y Fabaceae, respectivamente. Uno de los grupos más sobresalientes es el de las orquídeas, con aproximadamente 59 especies registradas en el área. El género *Bletia* destaca entre las orquídeas terrestres. El área también presenta una notable diversidad de encinos, con aproximadamente 11 especies de *Quercus*, y 5 especies de pino. Entre las especies poco comunes destaca *Pinus luzmariae,* cuya población se encontraba restringida a una pequeña porción del bosque.

Asimismo, el APFF La Primavera constituye un reservorio de especies endémicas de la región de Nueva Galicia, entre ellas *Mammillaria jaliscana* y *Agave guadalajarana.* Estas especies son endémicas de la región y abundantes dentro del área.

CONSULTA PÚBLICA



Flora en riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019):

Cypripedium irapeanum (A) – Amenazada.
Zinnia violacea (A) – Amenazada.
Litsea glaucescens (P) – Peligro de extinción.
Cedrela dugesii (Pr) – Sujeta a protección especial.

Fauna:

Se registran alrededor de 200 especies de vertebrados, distribuidas en 7 peces, 19 anfibios y reptiles, 135 aves y 29 mamíferos.

- **Mamíferos**

Se registran alrededor de 29 especies de mamíferos pertenecientes a 14 familias y 25 géneros. Entre los más representativos se encuentran:

Herpailurus yagouaroundi – Jaguarundi. A (Amenazada).
Cratogeomys fumosus--- Tuza humeada A (Amenazada).
Lynx rufus – Lince.
Odocoileus virginianus – Venado cola blanca.
Dasypus novemcinctus – Armadillo.
Mustela frenata – Comadreja.
.

Bassariscus astutus – Cacomixtle.
Puma concolor – Puma.
Canis latrans – Coyote.
Urocyon cinereoargenteus – Zorra gris
Didelphis virginiana __ Tlacuache
Procyon lotor __ Mapache

- **Aves**

Se describen alrededor de 135 especies de aves, correspondientes a 92 géneros, 29 familias y 12 órdenes. A continuación, se enlistan a las especies dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019).

Accipiter striatus (Pr) – Sujeta a protección especial.
Myadestes townsendi (Pr) – Sujeta a protección especial.
Cyrtonyx montezumae (Pr) – Sujeta a protección especial.
Dryobates stricklandi (A) – Amenazada.
Aphelocoma unicolor (A) – Amenazada.
Icterus wagleri (Pr) – Sujeta a protección especial.

Otras aves registradas y comunes:

Icterus cucullatus
Icterus wagleri
Regulus calendula
Buteo jamaicensis
Bubo virginianus
Colinus virginianus
Pipilo erythrophthalmus
Passerculus sandwichensis
Myioborus pictus

CONSULTA PÚBLICA



- **Peces**

Se registraron 7 especies de peces:

Goodea atripinnis
Xenotoca melanosoma P-En peligro de extinción
Poecilia butleri Pr-Sujeta a protección especial
Xenotoca eiseni Pr-Sujeta a protección especial
Poeciliopsis infans
Xiphophorus hellerii
Oreochromis aureus

La tilapia *Oreochromis aureus* es una especie introducida y su presencia se relaciona con siembras realizadas en presas y cuerpos de agua cercanos al bosque.

- **Anfibios y reptiles**

Estos grupos han sido poco estudiados en la primavera, se cuenta con alrededor de 30 especies pertenecientes a 26 géneros, aproximadamente. Algunas de ellas son:

Lampropeltis Triangulum- Falso coralillo (A) ___ Amenazada
Leptophis mexicanus -Ranera (A) ___ Amenazada
Masticophis flagellum- Chirrionera (A) ___ Amenazada
Pituophis deppei- Alicante (A) ___ Amenazada
Thamnophis eques -Culebra de agua (A) ___ Amenazada
Barisia imbricata- Falso escorpión (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Ctenosaura pectinata- Iguana negra (A) ___ Amenazada
Plestiodon dugesii -Lagartija cola azul (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Kinosternon Integrum -Tortuga común (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Dryophytes arenicolor- Ranita de cañón (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Rana neovolcanica – Rana neovolcánica (A) ___ Amenazada
Dryophytes eximius –Rana arborícola de montaña (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Spea multiplicata – Sapo de espuelas (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Eleutherodactylus nitidus -- Rana fisgona (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Smilisca baudinii -- Rana arborícola mexicana (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Smilisca fodiens – Rana chata (Pr) ___ Sujeta a protección especial
Isthmura bellii – Tlaconete pinto (A) ___ Amenazada

- **Insectos**

Los insectos constituyen uno de los grupos más diversos del área, aunque hay numerosas especies no descritas. Se registraron alrededor 14 órdenes, 46 familias y 120 géneros. Se destaca Lepidoptera con alrededor de 20 familias, 59 géneros y 85 especies, e Hymenoptera con 20 familias y 58 géneros.

Algunas especies representativas son:

Papilio garamas
Battus philenor
Danaus plexippus
Heliconius charithonia
Morpho polyphemus
Agraulis vanillae
Hamadryas feronia
Atta mexicana
Polistes carnifex
Euglossa viridissima

CONSULTA PÚBLICA





- **Fungi**

Se han registrado aproximadamente 30 familias y 14 órdenes de hongos. La mayor diversidad taxonómica corresponde al orden Agaricales, que incluye numerosas especies de géneros como *Psilocybe, Agaricus, Amanita, Armillaria, Gymnopus, Pleurotus* y *Russula*; también están representados órdenes como *Polyporales, Xylariales, Pezizales, Russulales, Auriculariales, Hymenochaetales, Cantharellales, Boletales, Hypocreales, Helotiales, Dacrymycetales, Gomphales* y *Ustilaginales.*

Algunas de las especies más representativas son:

Morchella costata (A) ___ Amenazada
Psilocybe mexicana (A) ___ Amenazada
Boletus edulis (A) ___ Amenazada
Psilocybe cubensis
Agaricus campestris
Amanita caesarea
Cantharellus cibarius
Hydnum repandum
Hypomyces lactifluorum
Pleurotus ostreatus
Trametes versicolor

El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera constituye un ecosistema de elevada importancia ambiental debido a la combinación de su diversidad biológica, características geológicas, condiciones climáticas y funciones ecológicas.
Su ubicación en una zona de transición entre la sierra madre occidental y el eje Neovolcánico, junto con su origen volcánico, genera una gran variedad de ambientes que permite el establecimiento de numerosas especies vegetales y animales.
La conservación del área no sólo es importante por las especies que alberga, sino por los servicios ambientales que proporciona. La captación de agua, la protección de cuencas, el control de la erosión, la captura de carbono y la regulación ambiental hacen de la primavera un ecosistema fundamental para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

CONSULTA PÚBLICA



III.8.3. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter estatal y municipal

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: ANP Estatal. CONANP.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se incide dentro de 11 Áreas Naturales Protegidas (ANP) Estatales conforme a lo siguiente: en 52,534,427 m² dentro del Área de Uso Sustentable de Cerro Arandas, en 36,085,667 m² dentro de la zona de Restauración Ecológica Cerro del Cubilete, en 16,825,511 m² dentro de la Reserva de Conservación Cuenca de la Esperanza, en 27,820,173 m² dentro del Área de Conservación Ecológica Cuenca de la Soledad, en 31,949,852 m² dentro del Área de Uso Sustentable Las Musas, en 3,402,930 m² dentro del Parque Ecológico Parque Metropolitano, en 87,902,066 m² dentro del Área de Restauración Ecológica Presa de Silva y Áreas Aledañas, en 27,218,598 m² dentro del Área de Uso Sustentable Presa La Purísima y su Zona de Influencia, en 20,622 m² dentro del Área de Uso Sustentable del Río Tamascatío, en 733,805,565 m² dentro del Área de Uso Sustentable Sierra Los Lobos, y por último, en 75,246,340 m² dentro de la Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde.

Para el Área del Proyecto (AP), sólo se identificó la incidencia dentro de 1 ANP Estatal, siendo esta la Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde en una superficie de 12,716 m².

Tabla III.196. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales conforme al análisis SIGEIA (2026).

Áreas Naturales Protegidas Estatales	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Área de Uso Sustentable de Cerro Arandas	-----	998	52,534,427	-----
Restauración Ecológica Cerro del Cubilete	-----	6,289	36,085,667	-----
Reserva de Conservación Cuenca de la Esperanza	-----	>10,000	16,825,511	-----
Área de Conservación Ecológica Cuenca de la Soledad	-----	>10,000	27,820,173	------
Área de Uso Sustentable Las Musas	-----	>10,000	31,949,852	------
Parque Ecológico Parque Metropolitano	-----	8,314	3,402,930	------
Área de Restauración Ecológica Presa de Silva y Áreas Aledañas	-----	71	87,902,066	------
Área de Uso Sustentable Presa La Purísima y su Zona de Influencia	-----	9,940	27,218,598	------
Área de Uso Sustentable del Río Tamascatío	-----	>10,000	20,622	------
Área de Uso Sustentable Sierra Los Lobos	-----	>10,000	733,805,565	------
Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde	12,716	-----	75,246,340	------

CONSULTA PÚBLICA

Por otra parte, dentro de la Región Ecológica (RE) se presenta la incidencia con 1 Área Natural Protegida (ANP) a nivel municipal, siendo esta el Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago en una superficie de 177,120,100 m², mientras que el Área de Proyecto (AP) se localiza a una distancia de 7,530 m respecto a la ANP en comento.

Tabla III.197. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Municipales conforme al análisis SIGEIA (2026).

Áreas Naturales Protegidas Estatales	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago	-----	7,530	177,120,100	-----

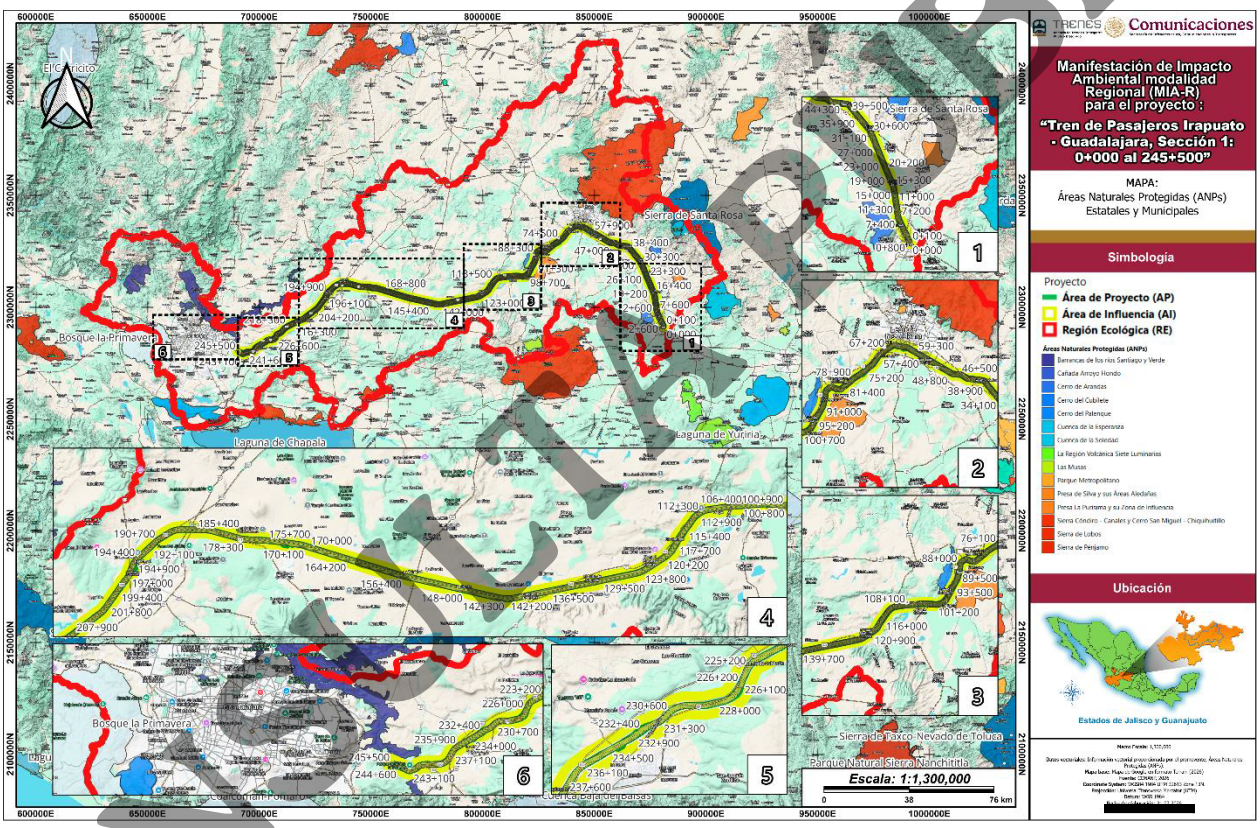


Figura III.220. Incidencia y cercanía de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

Derivado de que se presentan incidencias y cercanías sobre Áreas Naturales Protegidas a Nivel Estatal, a continuación, se presenta una descripción de estas.

CONSULTA PÚBLICA

a) **Área Natural Protegida Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde**

La Barranca de los Ríos Santiago y Verde se localiza entre las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, lo que le confiere características naturales particulares al presentar una gran diversidad de flora y fauna. Dentro del área se reconoce la presencia de cuatro tipos de vegetación primaria: bosque tropical caducifolio, bosque de encino, bosque de galería y vegetación rupícola, además de dos tipos de vegetación inducida: matorral y pastizal inducidos. A continuación, se describen las características de los tipos de vegetación registrados en el área.

- ***Bosque tropical caducifolio** (BTC)*

Es uno de los ecosistemas primarios de la barranca del Río Santiago y Río Verde en toda la extensión del área, junto a éste podemos encontrar parches con el tipo de vegetación asociada al Bosque espinoso (BEsp) o Selva baja espinosa caducifolia incrustados en la continuidad del BTC. Este tipo de vegetación se desarrolla en el rango de latitud de 900 msnm en el fondo de la Barranca del Río Santiago a los 1600 msnm en las faldas de los principales cerros, y hasta los 1700 msnm en las laderas de la Barranca del Río Verde. El clima es semicálido subhúmedo-seco, con lluvias en verano, teniendo una temperatura media anual de 22 y 24°C sin ocurrencia de heladas y una precipitación media anual entre los 700 y 1000 mm.

El bosque tropical caducifolio primario es un ecosistema definido por vegetación arbórea de un único estrato, con una altura de dosel de 4 hasta 10 m. Los árboles que constituyen el bosque son de especies caducifolias, con troncos ramificados cerca de la base y es común la presencia de exudados resinosos y de cortezas exfoliantes. Además, existen abundantes arbustos, suculentas, bejucos, trepadoras leñosas y herbáceas y epífitos pequeños. En cambio, el Bosque espinoso primario, como su nombre lo indica, es dominado por especies armadas con espinas, teniendo árboles tanto perennifolios como caducifolios principalmente con hojas compuestas, aquí el estrato arbustivo está bien desarrollado y las epífitas pequeñas de tipo xerófilo son abundantes.

La composición florística del bosque tropical caducifolio incluye representantes de las familias Fabaceae, Burseraceae, Bombacaceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae como componentes principales del estrato arbóreo. Entre las especies más representativas están *Amphypterigium* adstringens [cuachalalate], *A. molle, Annona longiflora* [anona del cerro], *An. reticulata, Bocconia arborea* [chicalote], *Bursera bipinnata* [copal chino], *B. copalifera* [copalillo], *B. fagaroides* [papelillo], *B. grandiflora* [papelillo de hojas grandes], *B. multijuga* [papelillo amarillo], *B. kerberi, B. penicillata* [copal], *B. persimilis, Caesalpinia pulcherrima* [tabachin enano], *Casimiroa edulis* [zapote blanco], *Capparis indica* [laurel], *Ceiba aesculifolia* [pochote], *Cnidosculus sp. [quemadora], Cochlospermum vitifolium [rosa amarilla], Comacladia engleriana* [hincha huevos], *Crescentia alata* [cuastecomate], *Erythrina flabelliformis* [colorín de la barranca], *Euphorbia tanquehuete, Ipomoea intrapilosa* [ozote], *Jacaratia mexicana* [bonete], *Jatropha cordata* [papelillo], *Ficus goldmanii* [higuera negra], *F. pertusa* [camichín], *F. petiolaris* [tescalame], *Gossypium arboreum* [algodoncillo], *Gyrocarpus sp., Haematoxilum brasiletto* [palo de Brasíl], *Heliocarpus terebinthinaceus* [majahua], *Hintonia latiflora* [canelilla], *Leucaena esculenta* [guaje blanco], *L. leucocephala* [guaje colorado], *Lysiloma acapulcensis* [tepeguaje], *Ly. microphylla* [tepemezquite], *Sideroxylon capiri*

CONSULTA PÚBLICA

[tempisque], *Stemmadenia palmeri* [cabrito], *Plumeria rubra* [corpo], *Pseudobombax ellipticum* [pochote carcamán], *P. palmeri* [clavellina blanca], *Spondias mombin* [jobo], *S. purpurea* [ciruelo], *Tabebuya chrysantha, Tecoma stans* [retama], *Thevetia ovata* [ayoyote], *Thouinia acuminata* [guayabillo], *Urera caracasana* [mal hombre], *Vitex mollis* [ahuilote].

Entre las especies de plantas con estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se conocen especies como *Hymenocallis concinna* (endémica en peligro de extinción), *Selaginella porphyrospora* (no-endémica en peligro de extinción), *Cypripedium irapeanum* (amenazada no-endémica), *Dioon edule* (endémica en peligro de extinción), *Laelia speciosa* (protegida endémica), *Schoenocaulon jaliscense* (protegida no-endémica), *Sideroxylon capiri* (amenazada no-endémica), *Bursera arborea* (amenazada endémica).

- ***Bosque de encino (BQ)***

En esta categoría se agrupan los ecosistemas templados como el bosque de *Quercus* (o bosque de encino), el bosque mixto de *Quercus* y *Pinus* (bosque de pino-encino) y el bosque mesófilo de montaña (bosque de niela). Como su nombre lo indica, el estrato arbóreo está dominado por las especies del género *Quercus* (robles o encinos), siendo éste un arbolado disperso cuya densidad disminuye con el aumento de la aridez del clima. La altura de estos árboles llega desde los 8 hasta los 15 metros en laderas pronunciadas, mientras que en condiciones más secas su estatura es menor, llegando a los 3 m. Es común que entre los bosques de *Quercus* aparezcan árboles de *Pinus* debido a que presentan exigencias ecológicas similares, de este modo se forma una comunidad mixta. El bosque de encino aparece a partir de los 1500 msnm consolidándose como bosque primario a partir de los 1800 msnm. Aquí el clima es templado semicálido y/o subhúmedo marcado estacionalmente, los suelos deben estar siempre bien drenados, con abundante hojarasca y alto contenido de materia orgánica.

Por otro lado, la composición florística está dominada por *Quercus castanea* [encino colorado] y *Quercus resinosa* [roble], en cambio, *Pinus oocarpa* [pino ocote] es el más frecuente en comunidades mixtas, por encima de los 1900 msnm aparecen *Quercus magnoliifolia, Q. coccolobifolia, Q. rugosa* y *Pinus devoniana* [pino michoacano]. Entre otros componentes están *Clethra rosei* [malvastre], *Prunis serotina* [capulín], *Lippia umbellata* [tacote], *Karwinskia humboldtiana* [tullidera], y *Opuntia fuliginosa* [nopal del cerro], mientras que en la zona de transición entre el BTC y el BQ se pueden encontrar especies más tropicales como *Annona longiflora* [anona del cerro], *Bursera multijuga* [papelillo], *Bursera penicillata* [copal], *Ficus petiolaris* [tescalame], *Lysiloma acapulcensis* [tepeguaje], *Pseudobombax palmeri* [clavellina blanca], *Plumeria rubra* [corpo] y *Styrax jaliscana.* Los árboles nativos del bosque mesófilo de montaña incluyen *Morus celtidifolia* [moral de barranca], *Magnolia pugana*, además de las especies herbáceas/arbustivas como *Moussonia elegans, Aralia humilis, Govenia superba* y *Schoenocaulon jaliscense.*

El estrato arbustivo del bosque de *Quercus* adyacente a la barranca del Río Santiago incluye las especies *Ageratum corymbosum, Agave guadalajarana, Baccharis salicifolia, B. ramulosa, Bouvardia terniflora, Calea ternifolia, Cosmos landii var. achalconensis, Critoniopsis foliosa, C. grandiflora, Desmodium jaliscanum, Styrax jaliscana, Vaccinium stenophyllum* y *Ximenia parviflora.* Por otro lado, el estrato herbáceo incluye a *Aspicarpa brevipes, Anemia jaliscana, Begonia tapatia, Bidens rostrata, Bletia ensifolia, B. roezlii, Brickellia cuspidata, Coreopsis cuneifolia, Desmodium angustifolium, Euphorbia sphaerorhiza, Gibasis linearis*

CONSULTA PÚBLICA

subsp. rhodantha, Iostephane heterophylla, Ipomoea capillacea, Macrosiphonia hypoleuca, Prochnyanthes mexicana, Psacalium poculiferum, Roldana sessilifolia, Salvia angustiarum, S. firma y *Stevia viscida.* Las epífitas incluyen *Campyloneurum phylliditis, Phlebodium areolatum, Polypodium furfuraceum, Epidenroum anisatum* y las hemiparásitas incluyen *Buchnera obliqua, Castilleja arvensis, Escobedia grandiflora* y *Lamourouxia viscosa.*

Finalmente, las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontramos *Selaginella porphyrospora* (especie en peligro de extinción no endémica), *Campyloneurum phylliditis* (amenazada no endémica), *Schoenocaulon jaliscense* (protección especial no endémica).

- ***Bosque de galería (BG)***

Los componentes vegetales de ecosistemas subacuáticos incluyen especies arbóreas que integran el bosque de galería, además de elementos herbáceos que forman comunidades tulares, carrizales y popales. Estas especies se encuentran en un rango altitudinal de 800 hasta aproximadamente los 1600 msnm, donde el arbolado forma una franja angosta de varios metros de ancho a lo largo de las corrientes de agua, o bien en los bordes de los cuerpos de agua. Este tipo de bosque requiere de condiciones de alta humedad del suelo durante todo el año, mismo que debe ser rico en materia orgánica.

Los elementos arbóreos que integran en bosque de galería incluyen especies que van de los 5 a los 30 metros de altura, siendo las especies principales *Salix humboldtiana* [sauce blanco], *Salix bonplandtiana* [sauce criollo], *Salix taxifolia* [romerillo], *Taxodium mucronatum* [ahuehuete], *Fraxinus uhdei* [fresno], *Ficus inispida* [higuera]. Entre las plantas no-arbóreas más comunes de esta comunidad se pueden mencionar *Baccharis salicifolia* [jara], *Aphananthe monoica, Piper hispidum, P. jaliscanum, Toxicodendron radicans* [hiedra venenosa], *Cosmos sulpureus, Asclepias angustifolia,* y *Heimia salicifolia* [jara amarilla]. Las herbáceas asociadas a los cuerpos de agua son de tallo alto, de hasta 2.5 m., de hojas angostas o sin hojas y con su base generalmente sumergida en el agua, éstas pueden formar masas densas capaces de cubrir grandes superficies en áreas lacustres. Las especies de herbáceas más frecuentes son *Typha domingensis* [tule], *Scirpus californicus* [carrizo] y *Cyperus spp.*, además de una especie introducida *Arundo donax* [carrizo europeo].

Finalmente, las especies hidrófitas son abundantes en toda la parte alta de la cuenca del Río Santiago y del Río Verde, aquí podemos encontrar hidrófitas flotantes como *Lemna gibba, L. aequinoctialis, Eichhornia crassiples* [lirio], *Nymphaea ampala, Ludwigia peploides* y *Pistia stratiotes;* por otro lado las hidrófitas sumergidas más comunes son *Potamogeton angustissimum, Ceratophyllum demersum;* y por último, entre las hidrófilas emergentes se encuentran *Typha dominguensis* [tule], *Scirpus californicus* [carrizo], *S. olneyi, Canna indica, Cyperus articularis, Phragmites australis;* así como plantas anfibias como *Cyperus spp., Hydrocotile umbellata, Bacopa monnieri, Bacopa auriculata, Eupatorium betonicifolium, Eustoma exaltatum, Xanthosoma robustum, Heteranthera limosa, Eriocaulon spp., Polygonum spp., Rumex spp., Portulaca oleracea, Verbena ciliata, Cynodon dactylon, Eragrostis hypnoides, Arundo donax, Jussiea bonariensis, Echinochloa crus-pavonis, Olivaea tricuspis, Alternanthera repens* entre otras.

CONSULTA PÚBLICA



- ***Vegetación rupícola o saxícola***

La vegetación rupícola es la comunidad vegetal especializada para la vida en las superficies rocosas y pedregosas, con suelo escaso o en algunos casos casi ausente. Las Barrancas de Rio Santiago y Rio Verde cuentan con extensas paredes de roca que forman partes de las laderas de la barranca en todo el gradiente de altitudes observado en el área, desde los 800 hasta más de 2000 msnm. Aquí se presentan condiciones climáticas de tipo tropical a templado, sin embargo, las especies rupícolas dependen más de la presencia del sustrato rocoso y están adaptadas a condiciones de estrés hídrico edáfico. Uno de los árboles más representativos es *Ficus petiolaris* [texcalama], además de especies de baja estatura y crecimiento lento como *Agave angustiarum, A. angustifolia, A. schidigera, A. vilmoriniana, Echeveria dactylifera, E. pringlei* [siempreviva], *E. potosina, Mammillaria scrippsiana* [biznaguita], *M. jaliscana* [biznaguita], *Sedum guadalajaranum, S. jaliscanum, Selaginella porphyrospora, Stenocereus dumortierii, Tillandsia capitata, Villadia painteri*, entre otras. Varios de los componentes de este tipo de vegetación son endémicos del centro de Jalisco, entre ellos *Begonia tapatia, Mammilaria jaliscana, Villadia paintieri, Styrax jaliscana.* Otras especies que son potencialmente vulnerables por el carácter de su distribución y su poca abundancia son *Mammillaria scrippsiana, Echeveria pringlei* y *Sedum ebracteatum.*

Vegetación secundaria:

La vegetación secundaria está constituida por ecosistemas inducidos que se encuentran en alguna de las etapas de sucesión de recuperación de vegetación, en la barranca de los ríos Santiago y Verde estos ecosistemas están representados por el matorral y el pastizal inducidos.

- ***Matorral***

También conocido como vegetación secundaria arbustiva es aquella que se formó como consecuencia de la perturbación antropogénica de baja o moderada intensidad, cuya intensidad y frecuencia son importantes para definir el estado de este tipo de vegetación. El matorral suele considerarse como maleza por lo que suele sufrir exterminaciones periódicas que afectan su dinámica de distribución y persistencia. Fisionómicamente es muy variable y puede estar compuesto por herbáceas y arbustos de menos de 1 m hasta los 3 m cuando no hay perturbaciones constantes.

Entre las especies arbustivas se pueden presentar asociaciones de *Nicotiana glauca* [gigante] – *Hyptis spp.* – *Verbesina greenmanii* [capitaneja] – *Buddleja sessiliflora* [tepozán] – *Wigandia urens* [tabaquillo] cuando se trata de sitios secos, en cambio, cuando son sitios con inundaciones la asociación cambia a *Baccharis salicifolia* [jara] – *Buddleja sessiliflora* [tepozán] en el estrato arbustivo, en los sitios con perturbación intensa proliferan especies como *Ricinus communis* [higuerilla] y *Phytolacca icosandra* [cóngora] y las herbáceas *Acalypha spp., Amaranthus hybridus* [quelite], *Bidens spp.* [aceitilla], *Conyza bonariensis* [escoba de arroyo], *Cosmos bipinnatus* [mirasol], *Croton ciliato-glandulifer* [enchiladora], *Datura inoxia* [toloache chino], *D. stramonium* [toloache], *Euphorbia spp., Gomphrena serrata* [amor seco], *Mealmpodium spp., Mirabilis jalapa* [maravilla], *Physalis spp., Salvia hirsuta* [chia], *Sa. tiliifolia,*

CONSULTA PÚBLICA





Schkuhria spp., Sida abutifolia, Si. rhombifolia, Solanum madrense [abrojo], *So. rostratum* [abrojo amarillo], *Tagetes spp., Tithonia tubiformis* [chotol], *Verbena carolina*, entre otras.

Por último, es frecuente la presencia de *Acacia farnesiana* [huizache], *Eysenhardtia polystachya* [palo dulce], *Guazuma ulmifolia* [guázima], *Heliocarpus terebinthinaceus* [majahua], *Poulzolzia nivea, Tecoma stans* [retama] y *Trema micrantha* en la transición a bosque espinoso. En la composición de este tipo de vegetación no se encontraron especies en alguna de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- ***Pastizal***

En la barranca del río Santiago y Verde el pastizal inducido es el único tipo de vegetación herbácea terrestre, dada por la deforestación de los bosques tropicales y templados para realizar prácticas agrícolas, pecuarias y/o para propósitos de urbanización. Los pastizales experimentan una presión antropogénica mayor en comparación del matorral inducido.

La composición florística del pastizal incluye especies nativas así como exóticas, siendo éste el que mayor contribución de componentes exóticos aporta de entre los tipos de vegetación en el área. Los pastizales están compuestos por representantes de la familia Poaceae (pastos) junto con Asteraceae, Fabaceae, Acanthaceae, Euphorbiaceae y Lamiaceae. De las especies de la familia Poaceae encontramos a *Bromus catharticus* [güilmo], *Chloris radiata* [grama], *Ch. gayana* [zacate Rhodes], *Ch. rufescens* [zacate estrella], *Ch. virgata* [pasto blanco], *Cynodon dactylon* [pata de gallo], *Ditaria ciliaris* [palillo guardarocio], *D. ternata, Echinochloa colonum* [zacate chino], *Ec. crusgalli* [zacate tardo], *Eragrostis clilanensis* [zacate apestoso], *Er. mexicana* [zacate llorón], *Panicum decolorans* [zacate cola de macho], *P. lepidium* [escobilla], *Paspalum denticulatum* [pasto guindillo], *P. distichum* [zacate antenita], *P. notatum* [bahía], *P. prostratum* [zacate huilotero], *Setaria spp., Sporobolus indicus* [amizcillo] y *Urochloa spp.* Al igual que en el matorral inducido, no hay registro de especies en alguna de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fauna

La fauna silvestre cumple un papel relevante en las funciones primarias del ecosistema, siendo polinizadores, autótrofos recuperadores de ambientes degradados y consumidores controladores de poblaciones. La fauna silvestre asociada a sistemas ribereños y cuencas hidrológicas suelen ser especies generalistas, de hábitos facultativos y de rápida adaptación a los ambientes transformados, en contraste, las especies estrictamente acuáticas suelen conformarse de porcentajes altos de especies endémicas o bajo alguna categoría de protección, como es el caso de los peces de agua dulce y las aves migratorias.

Para la fauna, la pérdida y transformación del hábitat es la causa principal por la cual las especies entran al proceso de extinción temprana, también es importante señalar que el grado de contaminación que presenta el Río Santiago afecta directamente a la fauna silvestre, que requiere de este recurso para su supervivencia, así como también afecta a la flora y a los pobladores aledaños.

CONSULTA PÚBLICA





Diversidad de fauna:

En estudios previos se reportan un total de 368 especies de fauna silvestre incluyendo el grupo de los peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

- ***Peces***

La ictiofauna del río Santiago pertenece a la provincia íctica "Mesa Central Mexicana" que es una de las más grandes altiplanicies tropicales, misma que comprende el Sistema ribereño Lerma-Santiago que es uno de los más grandes de México y el más importante en Jalisco. Actualmente se reportan 29 especies de peces para la zona, sin embargo, la poca información existente sobre la ictiofauna, aunado a la disminución de la riqueza de especies nativas debido al contacto con la zona urbana de Guadalajara, Tonalá y El Salto derivan en la escases de estudios para la región.

- ***Anfibios***

El grupo de los anfibios tiende a preferir las áreas tropicales y templadas, son predadores de una gran cantidad de insectos y presa de otros grupos como las aves, mamíferos y reptiles, así como también son considerados bioindicadores de la calidad de los ambientes acuáticos, ya que la presencia o ausencia de ciertas especies indican el estado de conservación y calidad de los ecosistemas. De todos los grupos de fauna silvestre considerados, el de los anfibios es el menos diverso registrando 21 especies en la zona.

- ***Reptiles***

Los reptiles representan un papel relevante en el ecosistema puesto que, al igual que los anfibios, son depredadores de una gran cantidad de insectos y roedores. Las condiciones geológicas y topográficas de la zona favorecen la presencia de una gran diversidad de reptiles llegando a registrar 58 especies.

- ***Aves***

El grupo de las aves es el más diverso, donde se han determinado hasta el momento 208 especies para la Barranca representando el 37% del estado, siendo los paseriformes el grupo más representativo con 118 especies de los 208 totales. Del total de especies, 143 son residentes permanentes, 50 son residentes de invierno, 8 especies son residentes de verano y un 3% del total son especies que van de paso.

- ***Mamíferos***

En la zona se han llevado a cabo pocos estudios de este grupo, en los cuales se registra la presencia de 52 especies equivalentes al 31% del estado.

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)

CONSULTA PÚBLICA





Las especies enlistadas en alguna categoría de riesgo son prioritarias para la conservación debido a que sus poblaciones se encuentran en riesgo incluso de desaparecer, es por ello que deben tomarse medidas de conservación.

De las 368 especies de fauna silvestre reportada en la Barranca de los Ríos Santiago y Verde, 46 se encuentran en alguna categoría de riesgo, equivalente al 15% de especies protegidas. De éstas, 7 especies corresponden al grupo de los peces (que equivale al 15% del total), 5 son anfibios (11% del total), 21 son reptiles (46%), 10 son aves (22%) y 3 mamíferos (7%), mismos que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.198. Fauna registrada dentro del ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Categoría de riesgo
Peces	*Chirostoma labarcae*	Charal de la Barca	A
	Chirostoma rioja	Charal del Santiago	P
	Ictalurus dugesii	Bagre del Lerma	A
	Gobiesox fluviatilis	Cucharita de río	A
	Allotoca dugesii	Tiro chato	A
	Zoogoneticus quitzeoensis	Picote	A
	Poecilia butleri	Topote del Pacífico	A
Anfibios	*Exerodonta smaragdina*	Rana de árbol esmeralda	Pr
	Eleutherodactylus modestus	Rana chirriadora dedos chatos	Pr
	Lithobates forreri	Rana de Forrer	Pr
	Lithobates neovolcanicus	Rana	A
	Lithobates pustulosus	Rana de cascada	Pr
Reptiles	*Elgaria kingii*	Lagarto escorpión de Arizona	Pr
	Heloderma horridum	Lagarto enchaquirado	A
	Ctenosaura pectinata	Iguana espinosa mexicana	A
	Sceloporus grammicus	Lagartija escamosa de mezquite	Pr
	Phrynosoma orbiculare	Roño	A
	Xantusia sanchezi	Lagartija nocturna de la Sierra Madre Occidental	P
	Aspidoscelis communis	Huico moteado gigante	Pr
	Imantodes gemmistratus	Culebra cordelilla	Pr
	Hypsiglena torquata	Culebra nocturna ojo de gato	Pr
	Leptodeira maculata	Culebra ojo de gato del Suroeste	Pr
	Leptophis diplotropis	Culebra perico gargantilla	A
	Coluber flagellum	Chirrionera roja	A
	Pituophis deppei	Culebra sorda mexicana, alicante	A
	Rhadinaea hesperia	Culebra rayada occidental	Pr
	Rhadinaea forbesi	Culebra café	Pr
	Salvadora mexicana	Culebra ratonera	Pr
	Thamnophis cyrtopsis	Culebra lineada de bosque	A
	Thamnophis eques	Culebra listonada del sur-mexicano	A
	Thamnophis melanogaster	Víbora de agua	A
	Crotalus Basiliscus	Víbora de cascabel de Saye	Pr
	Kinosternon integrum	Tortuga de casquito	Pr
Aves	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	Pr
	Mycteria americana	Cigueña ameicana	Pr
	Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr
	Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	Pr
	Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson	Pr
	Falco femoralis	Halcón aplomado	A
	Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr
	Progne sinaloae	Martín sinaloense	Pr
	Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	Pr
	Oporornis tolmiei	Chipe de tolmiei	A
Mamíferos	*Herpailurus yagouaroundi*	Jaguarundi	A
	Choeronycteris mexicana	Murciélago trompudo	A
	Leopardus pardalis	Ocelote	P

CONSULTA PÚBLICA





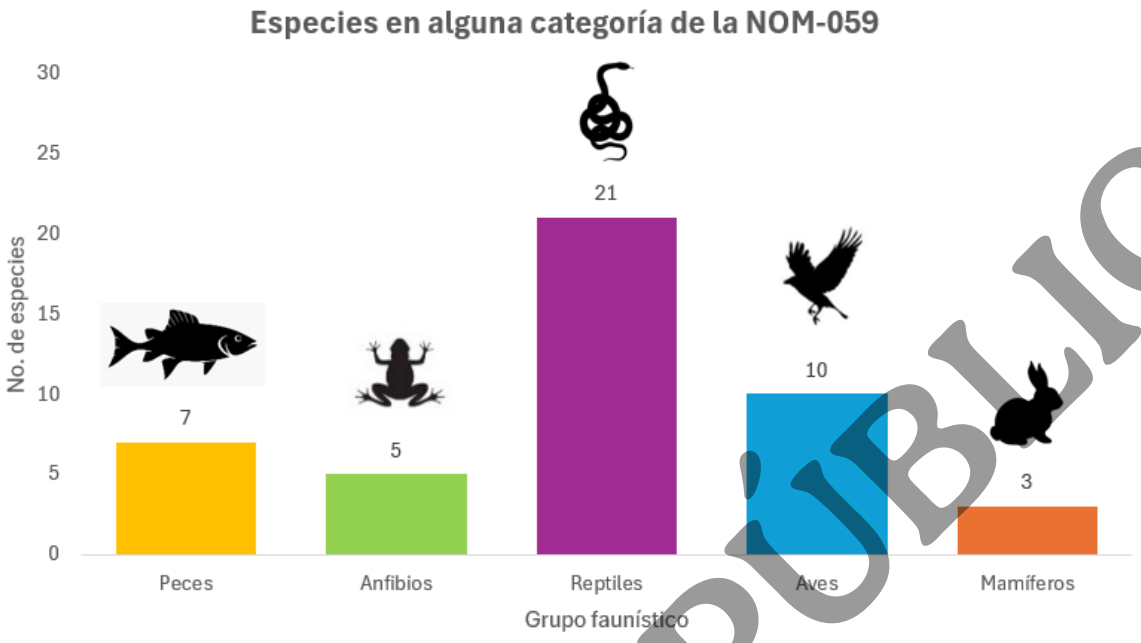


Figura III.221. Fauna registrada dentro del ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia.

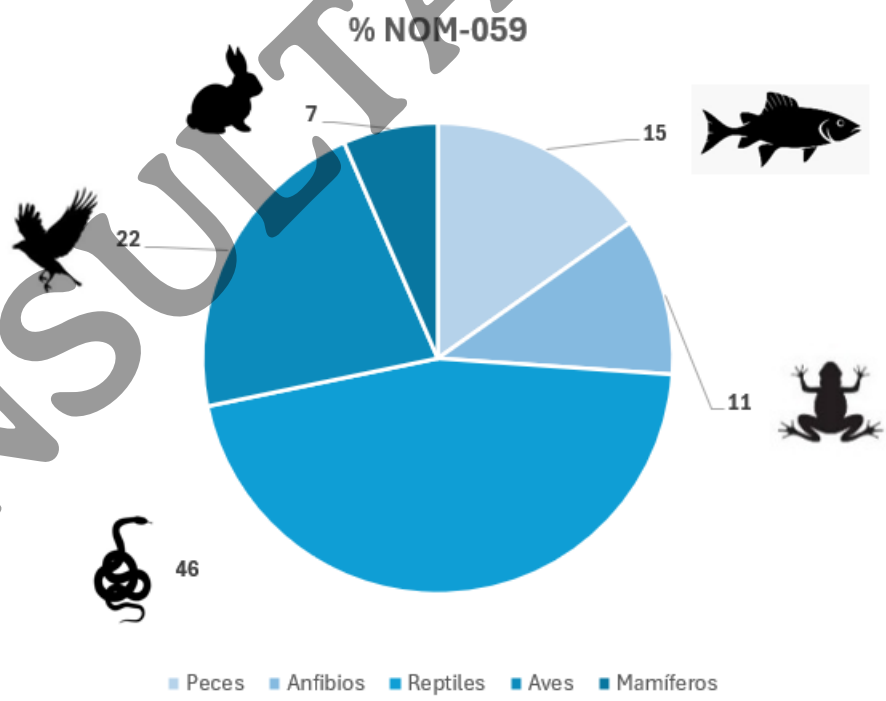


Figura III.222. Porcentaje de fauna registrada dentro del ANP Barrancas de los Ríos Santiago y Verde, en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019). Elaboración propia

CONSULTA PÚBLICA





Especies endémicas

Las especies endémicas son aquellas cuya distribución natural se encuentra únicamente en determinada región, en este caso a México. De las 368 especies de fauna silvestre reportada en estudios previos para la región, un total de 59 son endémicas de México, lo que equivale a 17% de éstas. Del total, 7 especies corresponden al grupo de los peces (12% del total de especies endémicas), 12 son anfibios (20%), 29 son reptiles (49%), 5 son aves (8%) y 6 mamíferos (10%), mismos que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.199. Especies endémicas registradas dentro del ANP Barranca de los ríos Santiago y Verde. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Especie	Nombre común
Peces	*Chirostoma labarcae*	Charal de la Barca
	Chirostoma riojai	Charal del Santiago
	Ictalurus dugesii	Bagre del Lerma
	Gobiesox fluviatilis	Cucharita de río
	Yuriria alta	Carpa blanca
	Allotoca dugesii	Tiro chato
	Zoogoneticus quitzeoensis	Picote
Anfibios	*Incilius marmoreus*	Sapo marmoleado
	Incilius mazatlanensis	Sapo sinaloense
	Incilius occidentalis	Sapo sinaloense
	Anaxyrus compactilis	Sapo de meseta
	Craugastor hobartsmithi	Rana ladrona de Smith
	Craugastor occidentalis	Ranita de hojarasca
	Exerodonta smaragdina	Rana de árbol esmeralda
	Agalychnis dacnicolor	Rana de árbol mexicana
	Hyla eximia	Ranita verde
	Eleutherodactylus modestus	Rana chirriadora dedos chatos
	Lithobates neovolcanicus	Rana
	Lithobates pustulosus	Rana de cascada
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	Garrobo Iguana negra
	Sceloporus horridus	Lagartija escamosa tarasca
	Sceloporus nelsoni	Rocaquita de panza azul
	Sceloporus pyrocephalus	Lagartija escamosa de pedregal
	Sceloporus spinosus	Lagartija escamosa espinosa
	Sceloporus torquatus	Lagartija escamosa barrada
	Sceloporus utiformis	Lagartija-escamosa de suelo, roño de suelo
	Urosaurus bicarinatus	Lagartija arbolera tropical
	Norops nebulosus	Anolis pañuelo
	Cnemidophorus communis	Huico-moteado gigante
	Cnemidophorus lineatissimus	Huico muchas líneas, cuije de cola azul
	Coniophanes lateritius	Culebra sin rayas
	Leptodeira splendida	Culebra ojo de gato de Bresson's
	Manolepis putnami	Culebra lagartijera
	Pituophis deppei	Culebra sorda mexicana, alicante
	Pseudoficimia frontalis	Culebra ilamacoa
	Rhadinaea forbesi	Culebra café de Forbes
	Rhadinaea hesperia	Culebra café de Occidente
	Salvadora bairdi	Culebra rayada
	Salvadora mexicana	Culebra parchada mexicana
	Sonora michoacanensis	Culebra suelera michoacana
	Sonora mutabilis	Coralillo, falso coralillo
	Storeria storerioides	Culebra parda mexicana
	Tantilla bocourti	Culebra de collar, Culebra cola corta
	Tantilla calamarina	Culebra ciempiés del Pacífico
	Thamnophis melanogaster	Culebra de agua
	Trimorphodon tau	Culebra ojo de gato
	Micrurus distans	Coralillo
	Crotalus basiliscus	Víbora de cascabel Mexicana
Aves	*Ortalis wagleri*	Chachalaca vientre castaño
	Forpus cyanopygius	Perico catarina
	Campylorhynchus gularis	Matraca serrana
	Melozone kieneri	Rascador nuca rufa
	Icterus abeillei	Bolsero dorso oscuro
Mamíferos	*Tlacuatzin canescens*	Tlacuachín
	Artibeus hirsutus	Murciélago-frutero peludo
	Hodomys alleni	Rata
	Peromyscus spicilegus	Ratón de las espigas

CONSULTA PÚBLICA



Grupo faunístico	Especie	Nombre común
	Peromyscus melanophrys	Ratón
	Sigmodon mascotensis	Rata algodonera

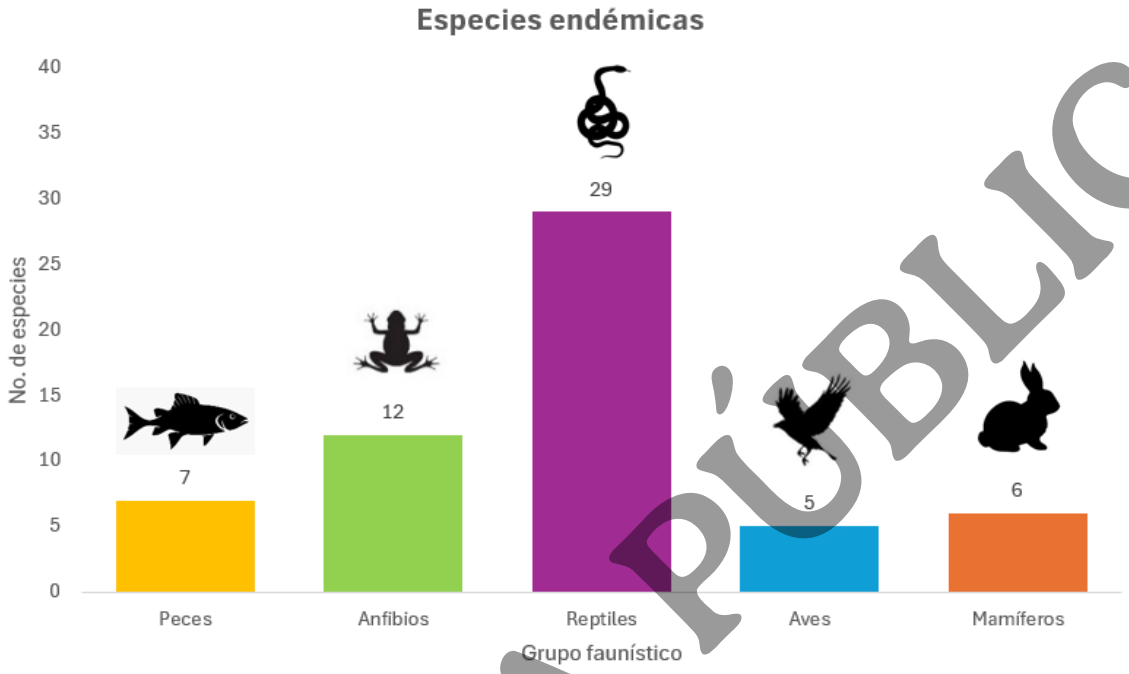


Figura III.223. Especies endémicas registradas dentro del ANP Barranca de los ríos Santiago y Verde. Elaboración propia.

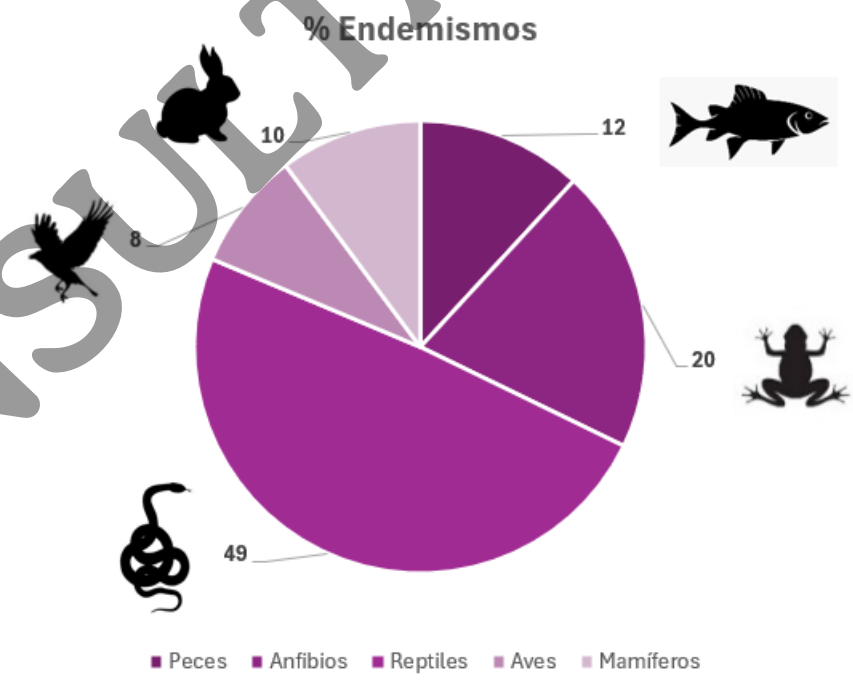


Figura III.224. Porcentaje de especies endémicas registradas dentro del ANP Barranca de los ríos Santiago y Verde. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

b) Área de Restauración Ecológica Presa de Silva y Áreas Aledañas

El Área Natural Protegida Presa de Silva y Áreas Aledañas comprende 3 subcuencas de la cuenca del río Turbio, además de parcelas agrícolas de riego y de temporal, se ubica en los municipios de San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón, en el estado de Guanajuato, donde la altitud varía de los 1749 y los 1850 msnm. Aquí el clima es semicálido con temperatura media anual de 18°C y precipitación media anual de 600mm.

El objetivo de la protección de esta área consiste en restaurar y preservar el hábitat de las aves acuáticas residentes y migratorias, así como promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que garantice su permanencia y en consecuencia una mejor calidad de vida para sus habitantes.

La Presa se localiza en la ruta migratoria de aves en México, por lo que durante el invierno es el hábitat de grandes poblaciones de aves acuáticas migratorias provenientes de Estados Unidos y Canadá. De éstas se han registrado 30 especies, además de las 35 especies acuáticas y terrestres residentes, siendo las familias más representativas Anatidae, Columbidae, Scolopacidae, Falconidae, Fringilidae, Icteridae y Parulidae. En cuanto al tipo de ecosistema existente en el área es matorral xerófilo, siendo las especies de flora mejor representadas las de los géneros *Acacia, Myrtillocactus, Opuntia, Prosopis, Chloris* y *Tridens.*

- ***Zonificación para el manejo del área***

El ANP se dividió en 3 zonas en función de la dinámica del agua y usos del suelo: Afluente, Presa de Silva y Efluente. Por un lado, la zona Afluente comprende una superficie de 4,764 ha, localizada agua arriba de la presa; la zona Efluente que comprende 3,670 ha y representa la zona de riego con el agua de la presa, y finalmente el área de la Presa de Silva, que incluye la superficie húmeda y las comunidades de San Roque de Torres y Silva, abarcando 366 ha.

Flora

La vegetación de la zona está representada por los géneros *Sporobolus sp. Tridens sp.* y *Chloris sp.* mezclados con pastos inducidos, aunque más escasos, representados por *Tridens pulchellus, Stipa sp., Hilaria sp., Chloris virgata* y *Muhlenbergia sp.* A lo largo del cauce del Río Turbio aparece la vegetación tular donde dominan *Typha domingensis, Sagitaria sagittifolia, Lemna gibba.* Finalmente, asociadas a las actividades agrícolas y ganaderas, se presentan *Chenopodium sp* y *Argemone sp.,* ejemplares de *Malva parviflora,* además de una gran variedad de gramíneas y compuestas (Becerril *et al,* 2011).

La riqueza de especies para la región asciende a 17, donde las dicotiledóneas dominan la composición florística con 14 especies registradas, dejando a las monocotiledóneas únicamente con 3 especies. El número de familias registradas corresponde a 12, siendo 10 para el grupo de las dicotiledóneas y 2 para las monocotiledóneas. Por otro lado, la familia más diversa es Leguminosae con 3 especies, seguida de las familias Compositae, Malvaceae y Gramineae con 2 especies cada una, las 8 familias restantes cuentan con una única especie respectivamente.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III.200. **Listado de especies de flora en la Presa de Silva y Áreas Aledañas. Elaboración propia.**

División	Familia	Especie	Nombre común	Distribución	NOM-059-SEMARNAT-2010
Dicotyledoneae	Fabaceae	*Acacia farnesiana*	acacia	Nativa	-
Dicotyledoneae	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	algodoncillo	Nativa	-
Monocotyledoneae	Poaceae	*Chloris virgata*	barbas de chivo	Nativa	-
Dicotyledoneae	Convolvulaceae	*Dichondra argenta*	oreja de ratón	Nativa	-
Dicotyledoneae	Asteraceae	*Dyssodia tagetiflora*	amorcillo	Endémica	-
Monocotyledoneae	Poaceae	*Echinochloa crus-galli var. cruzgalli*	grama de agua	Exótica-invasora	-
Dicotyledoneae	Asteraceae	*Euphrosyne partheniifolia*		Endémica	-
Dicotyledoneae	Amaranthaceae	*Gomphrena serrata*	amor seco	Nativa	-
Dicotyledoneae	Malvaceae	*Malva parviflora*	malva	Exótica-invasora	-
Dicotyledoneae	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	espino	Nativa	-
Dicotyledoneae	Fabaceae	*Neltuma laevigata*	algarrobo	Endémica	-
Dicotyledoneae	Solanaceae	*Physalis sulphurea*		Nativa	-
Dicotyledoneae	Polygonaceae	*Polygonum mexicanum*	chililllo de varita	Nativa	-
Dicotyledoneae	Anacardiaceae	*Rhus microphylla*	agrillo	Nativa	-
Dicotyledoneae	Malvaceae	*Sida abutifolia*	hierba de la viejita	Nativa	-
Dicotyledoneae	Aizoaceae	*Trianthema portulacastrum*	cenicilla	Nativa	-
Monocotyledoneae	Typhaceae	*Typha angustifolia*		Nativa	-

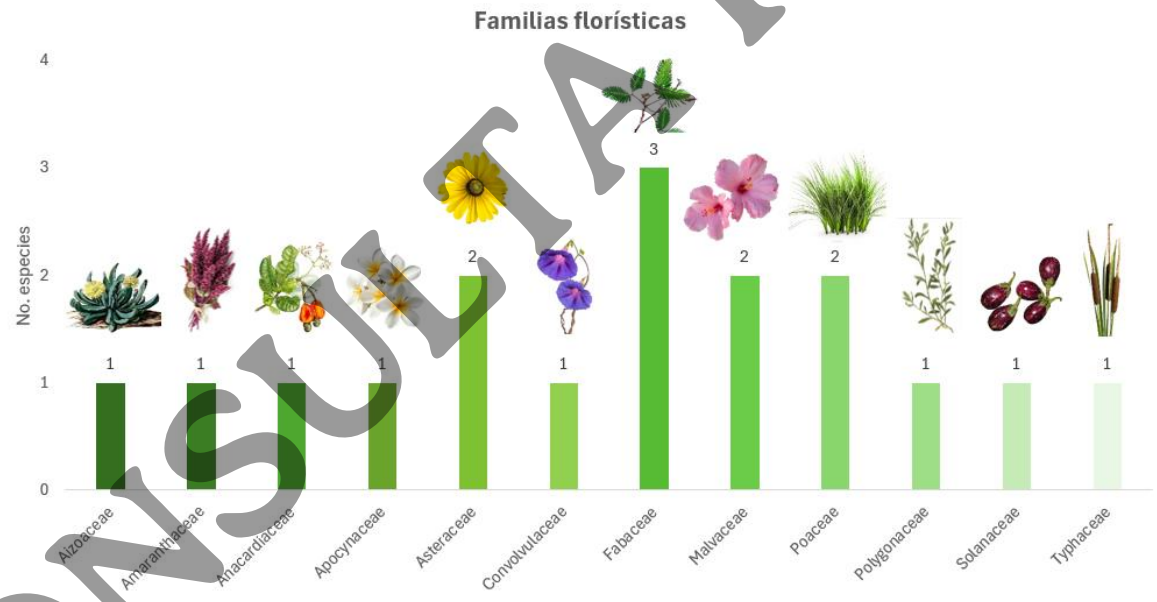


Figura III.225. **Familias florísticas reportadas en la Presa de Silva y áreas aledañas.**

En cuanto a los endemismos, se reportan 8 especies nativas, 2 exóticas-invasoras (*Echinochloa crus-galli* y *Malva parviflora*) y 3 especies endémicas, siendo éstas *Dyssodia tagetiflora, Euphrosyne partheniifolia* y *Neltuma laevigata.* Es importante destacar que no se reportan especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

CONSULTA PÚBLICA



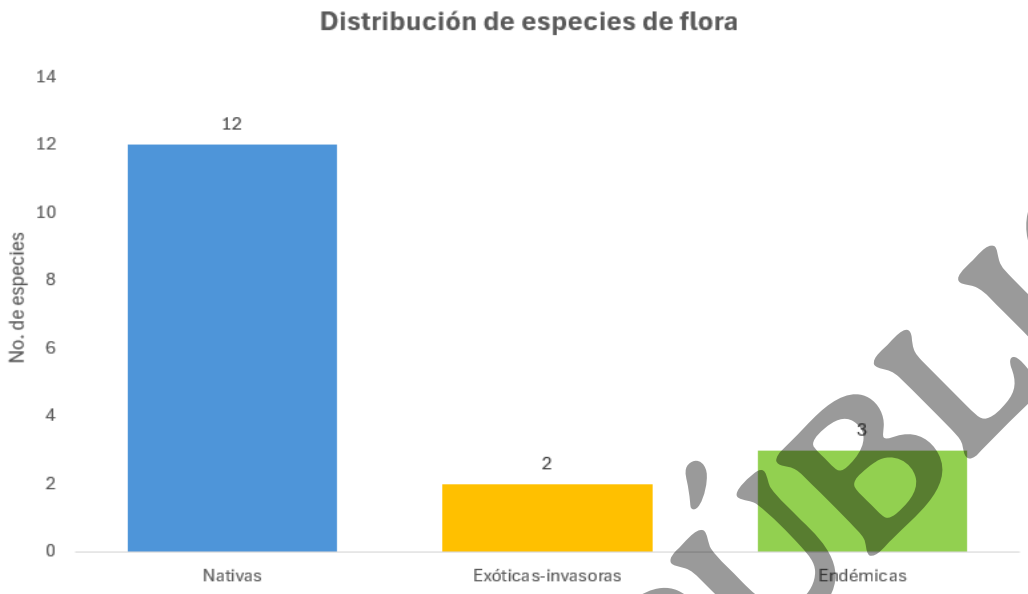


Figura III.226. **Especies endémicas de flora en la Presa de Silva y Áreas Aledañas. Elaboración propia.**

Fauna

En estudios previos se reportan un total de 176 especies de fauna silvestre incluyendo el grupo de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos. De las especies totales, las aves son el grupo más diverso contando con 148 especies, seguido de los mamíferos con 13 spp., los reptiles con 11 y finalmente los anfibios con 4 especies.

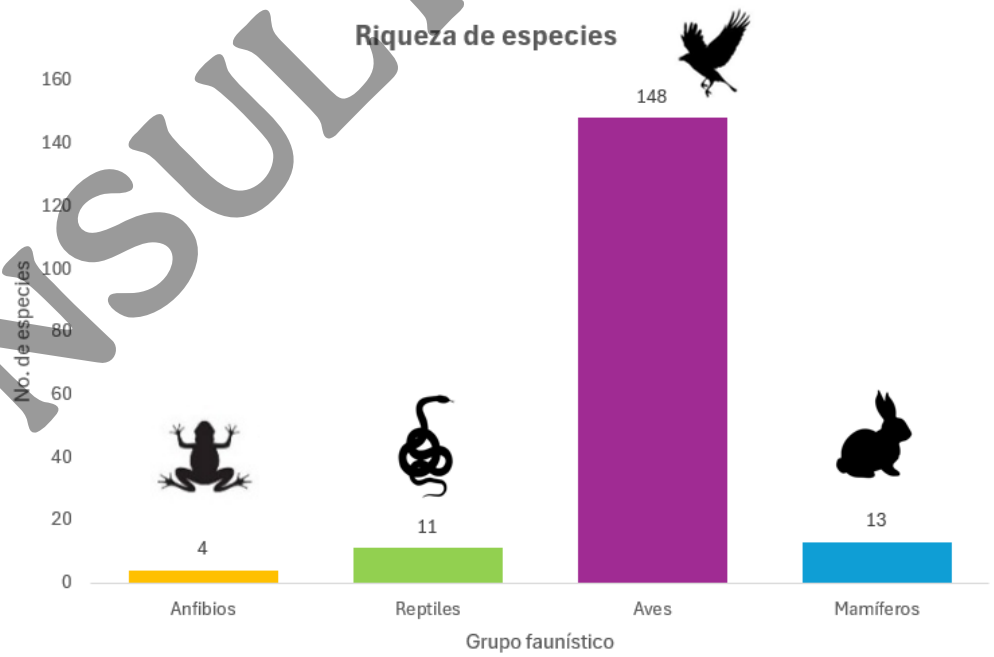


Figura III.227. **Riqueza de especies por grupo faunístico en la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019).

De las 176 especies de fauna silvestre reportadas en la Presa de Silva y áreas aledañas, 16 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, equivalente al 9% del total de especies. De éstas, 1 especie corresponde al grupo de los anfibios (que equivale al 6% del total de especies en riesgo), 6 son reptiles (38%), y 9 son aves (56%), mismos que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.201. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Categoría de riesgo
Anfibios	*Lithobates berlandieri neovolcanicus*	rana leopardo neovolcánica	Amenazada (A)
Aves	*Astur cooperii*	gavilán de Cooper	Sujeta a protección especial (Pr)
	Anas diazi		Amenazada (A)
	Buteo albonotatus	aguililla aura	Sujeta a protección especial (Pr)
	Calidris mauri	playero occidental	Amenazada (A)
	Mycteria americana	cigüeña americana	Sujeta a protección especial (Pr)
	Parabuteo unicinctus	aguililla rojinegra	Sujeta a protección especial (Pr)
	Passerina ciris	colorín sietecolores	Sujeta a protección especial (Pr)
	Rallus limicola	rascón cara gris	Amenazada (A)
	Tachybaptus dominicus	zambullidor menor	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptiles	*Kinosternon (Kinosternon) hirtipes*	casquito de pata rugosa	Sujeta a protección especial (Pr)
	Kinosternon (Kinosternon) integrum	casquito de burro	Sujeta a protección especial (Pr)
	Lampropeltis polyzona	falsa coralillo	Amenazada (A)
	Masticophis flagellum	chirrionera de Baja California	Amenazada (A)
	Pituophis deppei	alicante	Amenazada (A)
	Thamnophis eques	culebra de agua	Amenazada (A)

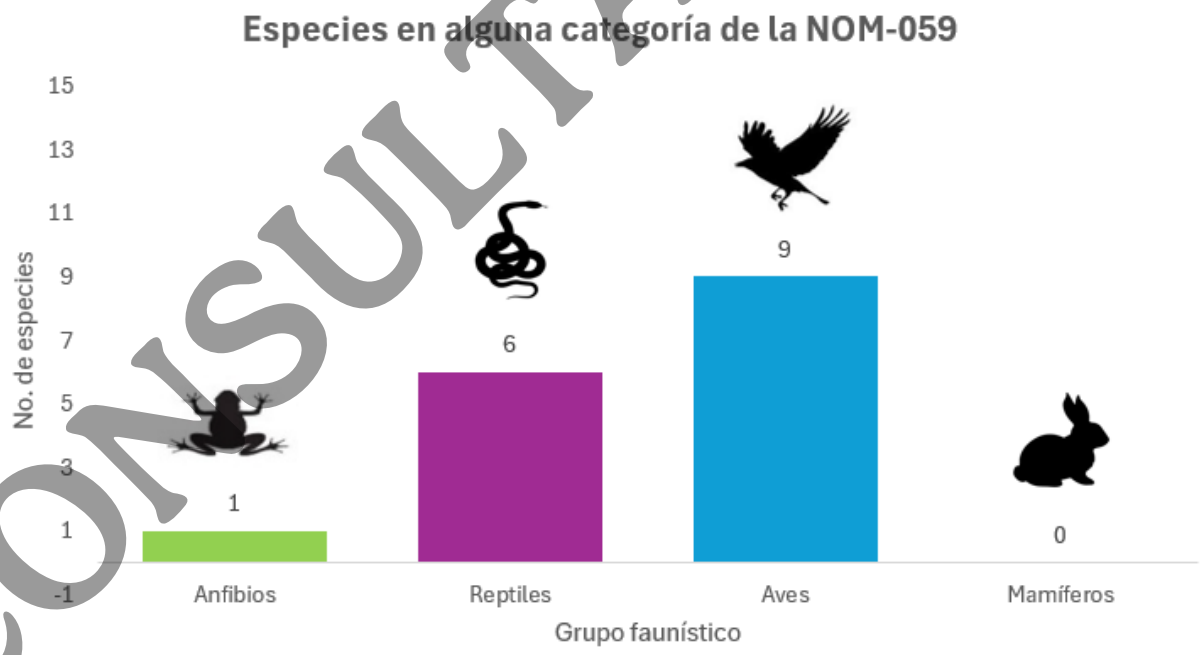


Figura III.228. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

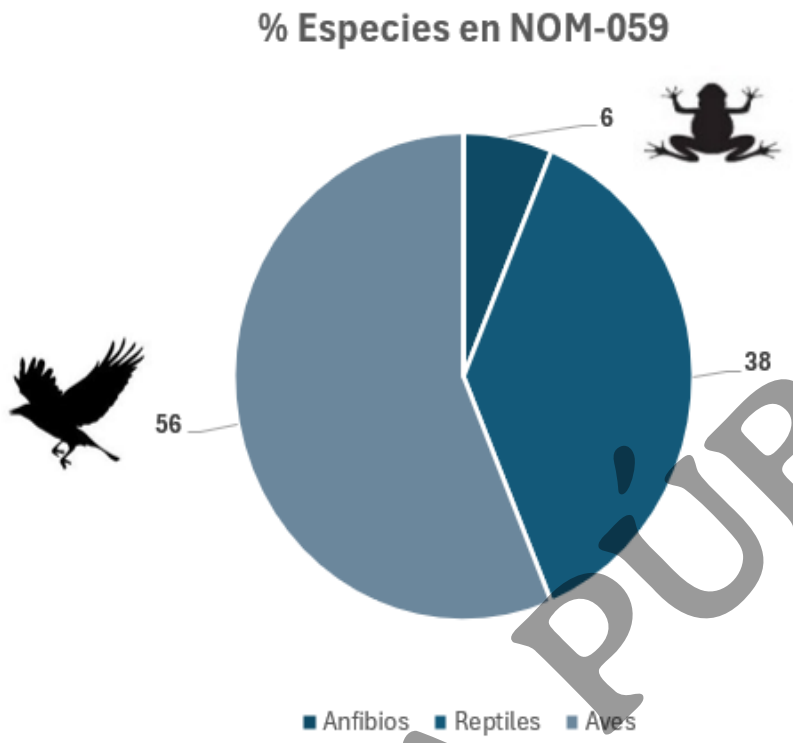


Figura III.229. **Porcentaje de fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Especies endémicas

De las 176 especies de fauna silvestre reportadas en estudios previos para la Presa de Silva y áreas aledañas, 147 son nativas, 24 presentan algún endemismo y 5 especies son exóticas-invasoras (*Ardea ibis, Columba livia, Passer domesticus, Streptopelia decaocto* y *Sturnus vulgaris*).

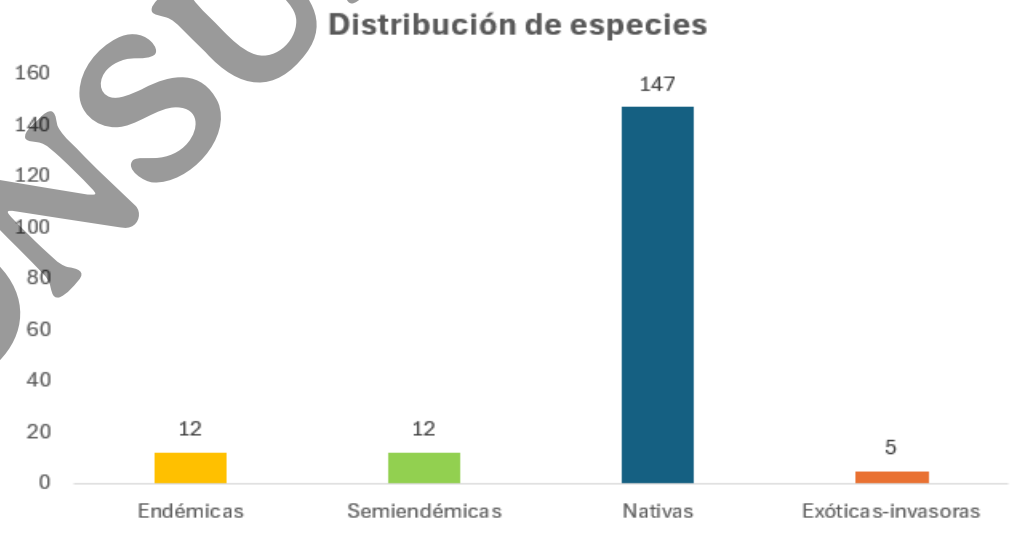


Figura III.230. **Distribución de las especies de fauna silvestre en la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

De las 24 especies que presentan distribución restringida al país, un total de 12 son endémicas y 12 son semiendémicas. Del total, 3 especies corresponden al grupo de los anfibios, 6 son reptiles, 14 son aves y una especie corresponde al grupo de los mamíferos, mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.202. **Especies endémicas en la Presa de Silva y Áreas Aledañas. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Endemismo
Anfibios	*Anaxyrus compactilis*	sapo de la meseta	Endémica
	Dryophytes eximius	rana de árbol de montaña	Endémica
	Lithobates berlandieri neovolcanicus	rana leopardo neovolcánica	Endémica
Aves	*Archilochus alexandri*	colibrí barba negra	Semiendémica
	Cynanthus latirostris	colibrí pico ancho	Semiendémica
	Empidonax difficilis occidentalis	mosquero barranqueño	Semiendémica
	Empidonax wrightii	mosquero gris	Semiendémica
	Icterus cucullatus	bolsero encapuchado	Semiendémica
	Lampornis clemenciae	colibrí garganta azul	Semiendémica
	Passerina amoena	colorín pecho canela	Semiendémica
	Pheucticus melanocephalus	picogordo tigrillo	Semiendémica
	Ramosomyia violiceps	colibrí corona violeta	Semiendémica
	Setophaga nigrescens	chipe negrogris	Semiendémica
	Spizella pallida	gorrión pálido	Semiendémica
	Sporophila torqueola	semillero de collar	Endémica
	Turdus rufopalliatus	mirlo dorso canela	Endémica
	Tyrannus vociferans	tirano gritón	Semiendémica
Mamíferos	*Ictidomys mexicanus*	ardilla manchada mexicana	Endémica
Reptiles	*Conopsis nasus*	culebra de tierra de la meseta mexicana	Endémica
	Kinosternon (Kinosternon) integrum	casquito de burro	Endémica
	Pituophis deppei	alicante	Endémica
	Sceloporus dugesii	lagartija escamosa de Duge	Endémica
	Sceloporus spinosus	lagartija escamosa espinosa	Endémica
	Sceloporus torquatus	lagartija escamosa barrada	Endémica

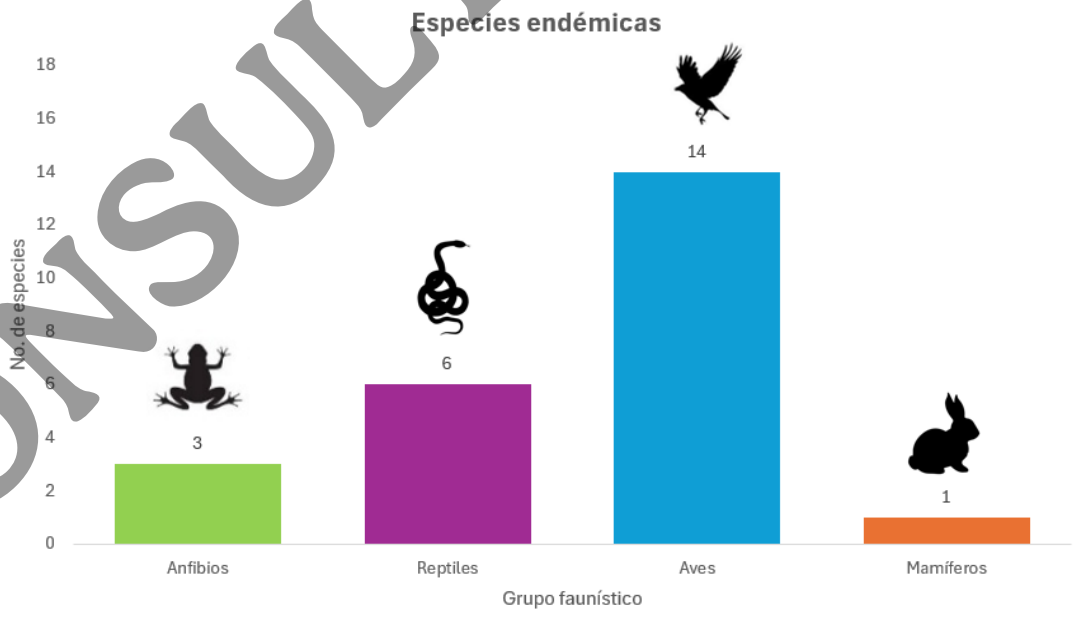


Figura III.231. **Especies endémicas de la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

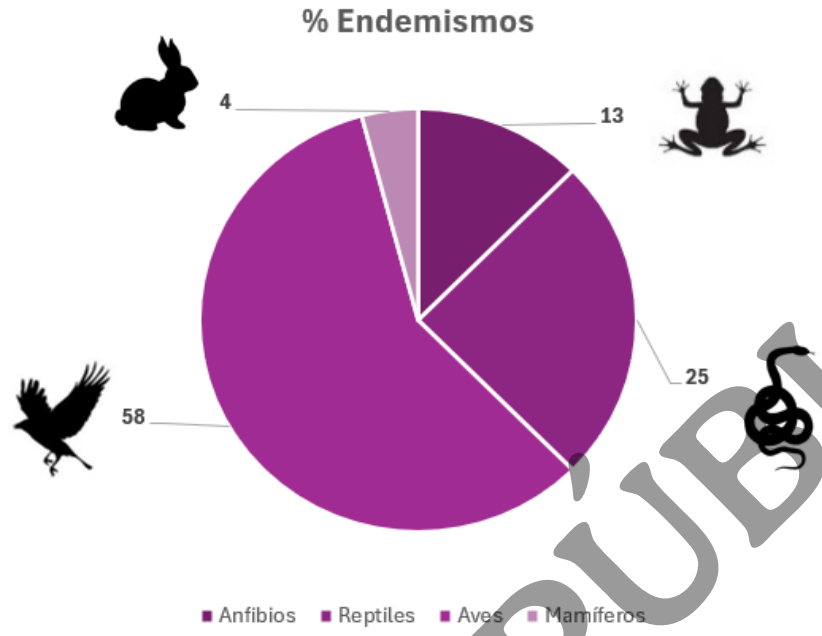


Figura III.232. **Porcentaje de especies endémicas en la Presa de Silva y áreas aledañas. Elaboración propia.**

c) Área de Uso Sustentable de Cerro de Arandas

El Área Natural Protegida Cerro de Arandas se ubica al noroeste del municipio de Irapuato, en el estado de Guanajuato, fue declarada en la categoría de Área de Uso Sustentable el 25 de noviembre del 2005 y comprende un total de 5,240.1502 ha. Presenta clima semicálido-subhúmedo con una temperatura media anual de 18°C y precipitación media anual de 711.1 mm, siendo julio y agosto los meses más lluviosos.

Los ecosistemas característicos son bosque tropical caducifolio, matorral crasicaule y bosque de galería, donde las especies dominantes son *Bursera spp., Ceiba aesculifolia, Acacia spp., Prosopis spp. Opuntia robusta, Opuntia streptacantha* y *Salix spp.* Al noreste y norte del Cerro de Arandas se localiza el río Silao y la presa El Conejo, cuyas características fisiográficas y geológicas los establecen como zonas importantes para la recarga del acuífero de la región. En cuanto a la fauna, se identifican pequeños mamíferos y aves como *Lepus callotis, Spermophilus mexicanus, Didelphys marsupialis* y *Astur cooperii,* además de reptiles como el alicante *Pituophis deppei* y la víbora de cascabel *Crotalus spp.*

El objetivo del ANP Cerro de Arandas consiste en la producción de bienes y servicios que respondan a las necesidades económicas, sociales y culturales de la población, con base en el aprovechamiento sustentable de usos compatibles, donde las cuencas hidrológicas, los recursos forestales y elementos de flora y fauna silvestre puedan existir a la par de desarrollos agropecuarios, espacios recreativos y poblaciones rurales, todo conforme a la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.

CONSULTA PÚBLICA

Diversidad de flora

La riqueza de especies para el ANP Cerro de Arandas asciende a 244, registrando un total de 67 familias, donde las mejor representadas fueron Asteraceae, Fabaceae y Poaceae con 48, 27 y 18 especies registradas respectivamente. A éstas les siguieron familias como Pteridaceae con 10 especies, Cactaceae y Solanaceae con 9 especies registradas cada una, Euphorbiaceae con 8 spp., Malvaceae con 7 spp., así como Apocynaceae y Commelinaceae con 6 especies cada una. El resto de las familias registraron entre 1 y 5 especies cada una. La vegetación de la zona está representada por los géneros *Opuntia, Euphorbia, Ipomoea, Bursera, Solanum* y *Tagetes.*

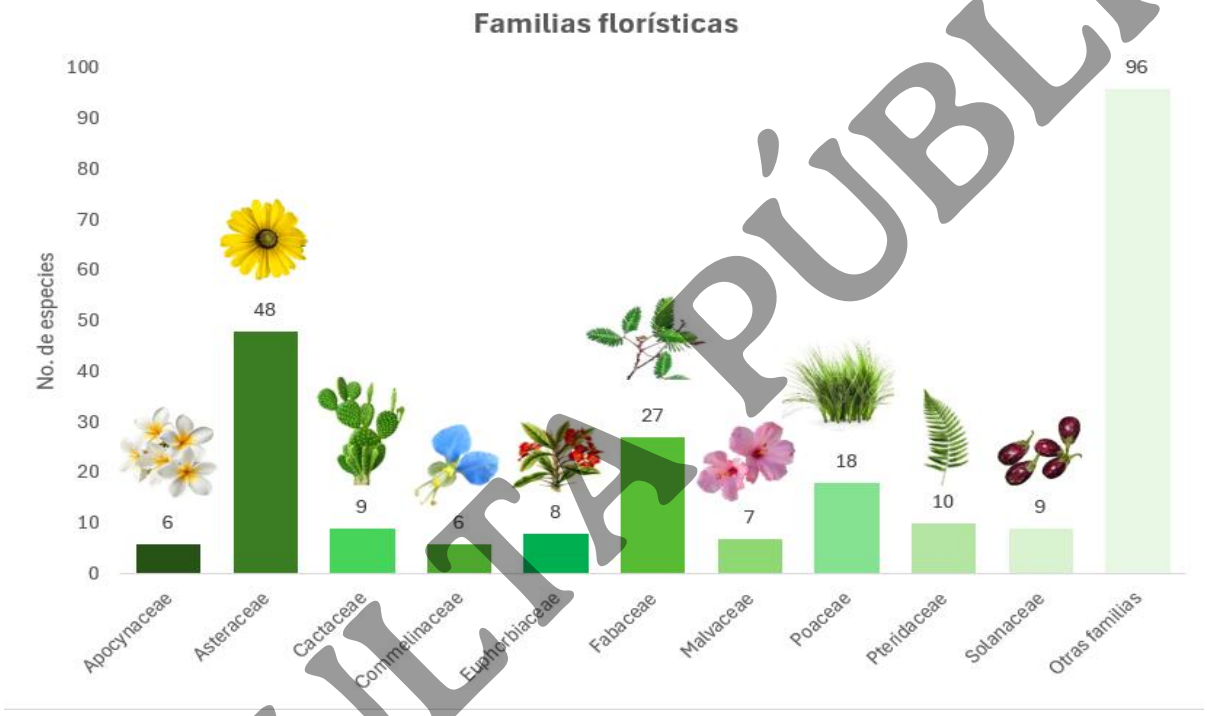


Figura III.233. **Familias florísticas reportadas en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

En cuanto a los endemismos, se reportan 175 especies nativas, 4 exóticas-invasoras (*Cenchrus setaceus, Lactuca serriola, Leonotis nepetifolia* y *Melinis repens*), 7 spp. exóticas (*Brugmansia x candida, Commelina diffusa, Echinochloa colona, Medicago polymorpha, Nicotiana glauca, Persicaria lapathifolia* y *Sonchus oleraceus*), 1 especie criptogénica (*Oxalis corniculata*) y 57 especies endémicas.

CONSULTA PÚBLICA



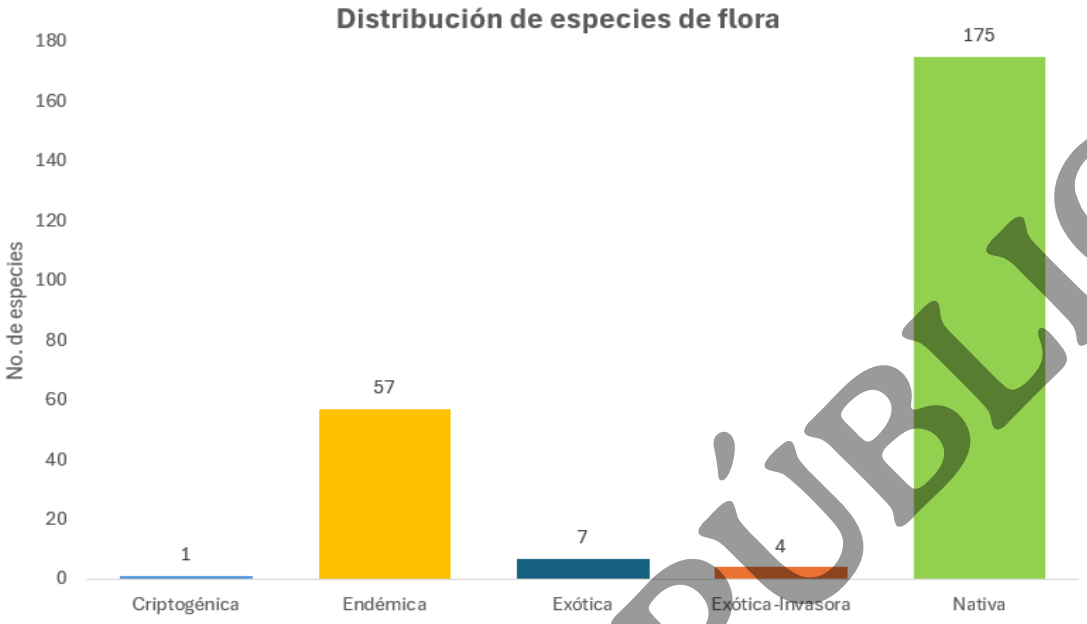


Figura III.234. **Distribución de las especies en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia**

Tabla III.203. **Especies endémicas en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

No.	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo
1	Euphorbiaceae	*Acalypha hypogaea*		Endémica
2	Fabaceae	*Albizia occidentalis*	capiro	Endémica
3	Asteraceae	*Aldama excelsa*		Endémica
4	Fabaceae	*Astragalus hypoleucus*		Endémica
5	Burseraceae	*Bursera palmeri*	copal	Endémica
6	Burseraceae	*Bursera penicillata*	aceitillo	Endémica
7	Meliaceae	*Cedrela dugesii*	cedro	Endémica
8	Asteraceae	*Cirsium velatum*		Endémica
9	Asteraceae	*Dendroviguiera pringlei*		Endémica
10	Asteraceae	*Dendroviguiera quinqueradiata*	panalillo	Endémica
11	Fabaceae	*Desmanthus painteri*		Endémica
12	Fabaceae	*Desmodium bellum*		Endémica
13	Dioscoreaceae	*Dioscorea galeottiana*	cabeza de brujo, pito real	Endémica
14	Acanthaceae	*Dyschoriste hirsutissima*	pie de paloma, sacbalamté (Tseltal)	Endémica
15	Cyperaceae	*Eleocharis densa*		Endémica
16	Apiaceae	*Eryngium comosum*	raíz del sapo	Endémica
17	Apiaceae	*Eryngium serratum*	ambástacua (Tarasco)	Endémica
18	Fabaceae	*Erythrina (Erythrina) americana*	alcaparra	Endémica
19	Euphorbiaceae	*Euphorbia tanquahuete*	borreguillo	Endémica
20	Brassicaceae	*Exhalimolobos berlandieri*		Endémica
21	Malpighiaceae	*Gaudichaudia cynanchoides*	hierba del zorro	Endémica
22	Asteraceae	*Grindelia inuloides*	árnica	Endémica
23	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	acahua	Endémica
24	Lamiaceae	*Hyptis albida*	orégano	Endémica
25	Convolvulaceae	*Ipomoea stans*	espanta lobos	Endémica
26	Amaranthaceae	*Iresine cassiniiformis*	pie de paloma, tepozán	Endémica
27	Fabaceae	*Leucaena macrophylla*	frijolito	Endémica
28	Apocynaceae	*Mandevilla foliosa*	San Pedro, hierba de la cucaracha	Endémica
29	Fabaceae	*Marina neglecta*		Endémica

CONSULTA PÚBLICA



No.	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo
30	Fabaceae	*Marina pueblensis*		Endémica
31	Fabaceae	*Marina spiciformis*		Endémica
32	Asteraceae	*Montanoa bipinnatifida*	margarita	Endémica
33	Pteridaceae	*Myriopteris allosuroides*		Endémica
34	Cactaceae	*Myrtillocactus geometrizans*	cactus del arándano	Endémica
35	Namaceae	*Nama origanifolia*		Endémica
36	Cactaceae	*Opuntia engelmannii cuija*	arrastradillo	Endémica
37	Cactaceae	*Opuntia hyptiacantha*	cadillo	Endémica
38	Cactaceae	*Opuntia joconostle*	joconostle	Endémica
39	Cactaceae	*Opuntia robusta*	bartolona	Endémica
40	Oxalidaceae	*Oxalis corniculata*	acedera	Criptogénica
41	Santalaceae	*Phoradendron carneum*	injerto de ozote	Endémica
42	Solanaceae	*Physalis (Rydbergis) orizabae*		Endémica
43	Asteraceae	*Picradeniopsis schaffneri*		Endémica
44	Asparagaceae	*Polianthes geminiflora*		Endémica
45	Asteraceae	*Porophyllum linaria*	cola de coyote	Endémica
46	Rubiaceae	*Randia canescens*		Endémica
47	Lamiaceae	*Salvia mexicana*	cuasia	Endémica
48	Cucurbitaceae	*Schizocarpum parviflorum*	huevillo de gato	Endémica
49	Fabaceae	*Senna polyantha*	palo fierro	Endémica
50	Iridaceae	*Sisyrinchium pringlei*		Endémica
51	Cactaceae	*Stenocereus queretaroensis*	pitahaya	Endémica
52	Asteraceae	*Tagetes lunulata*	cempaxochitl	Endémica
53	Commelinaceae	*Thyrsanthemum floribundum*		Endémica
54	Bromeliaceae	*Tillandsia (Tillandsia) achyrostachys*	gallinita	Endémica
55	Caryophyllaceae	*Triplateia moehringioides*		Endémica
56	Asteraceae	*Verbesina montanoifolia*		Endémica
57	Asteraceae	*Verbesina serrata*	vara blanca	Endémica
58	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	cenicilla	Endémica

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las 244 especies de flora reportadas en el Cerro de Arandas, 3 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 2 especies en el estatus de Amenazadas (A) y 1 Sujeta a protección especial (Pr), mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.204. **Especies de flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie	Nombre común	Endemismo
Amenazadas (A) 2 especies	*Albizia occidentalis*	capiro	Endémica
	Erythrina americana	alcaparra	Endémica
Sujeta a Protección especial (Pr) 1 especie	*Cedrela dugesii*	cedro	Endémica

CONSULTA PÚBLICA

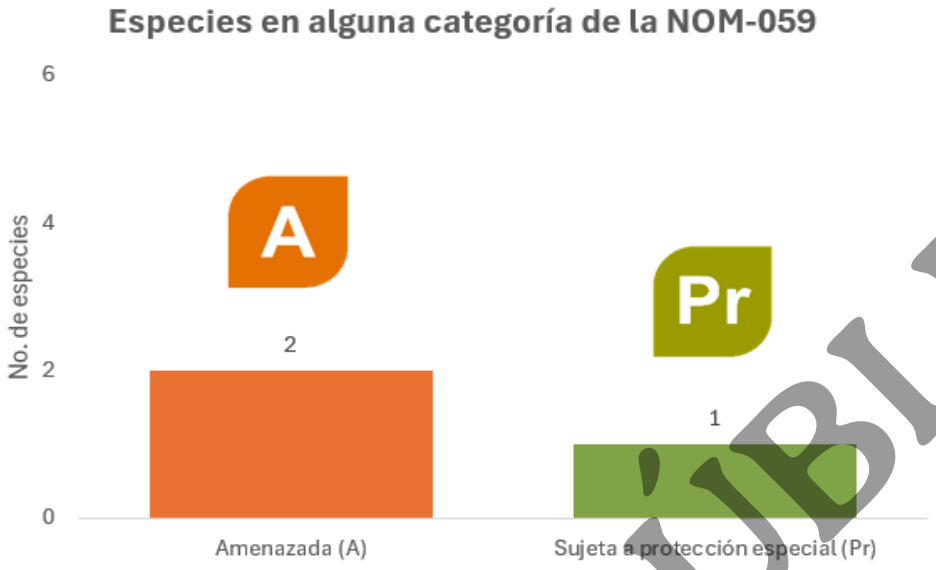


Figura III.235. **Flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Diversidad de fauna

En estudios previos se reportan un total de 182 especies de fauna silvestre incluyendo el grupo de los peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. De las especies totales, las aves son el grupo más diverso contando con 125 especies (69% del total de especies), seguido de los mamíferos con 28 spp. (15%), los reptiles con 18 (10%), los anfibios con 9 spp. (5%) y finalmente los peces con solo 2 especies reportadas (1%).

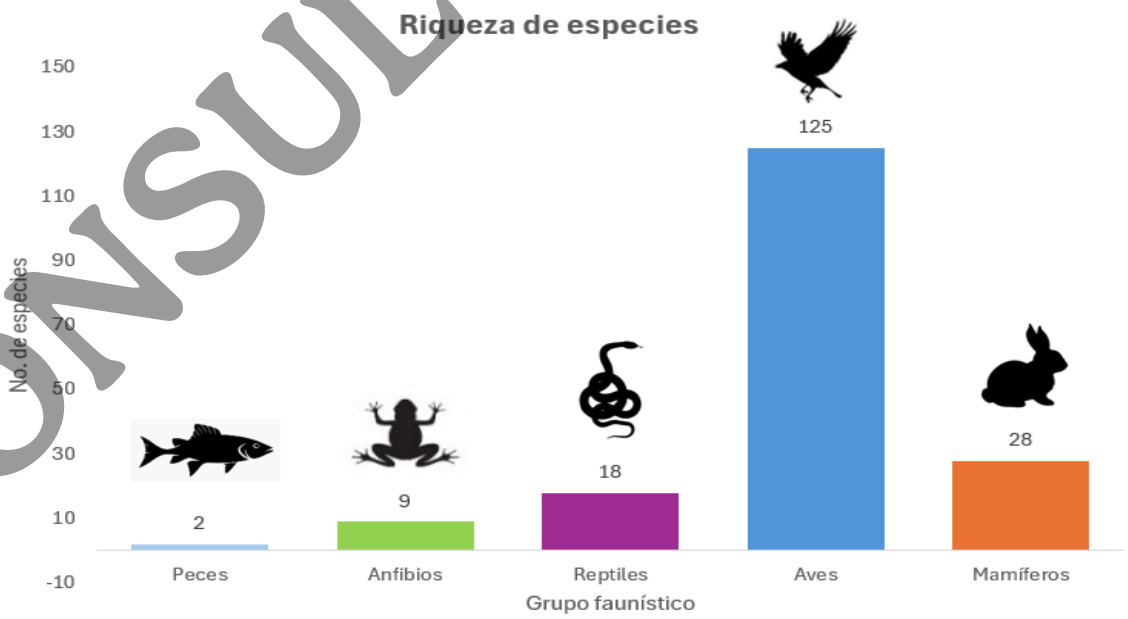


Figura III.236. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el ANP Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las 182 especies de fauna silvestre reportadas en el Cerro de Arandas, 14 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 especies en el estatus de Amenazadas (A) y 8 Sujetas a protección especial (Pr). De éstas, 1 especie corresponde al grupo de los anfibios, 1 spp. a los mamíferos, 6 son aves y 6 son reptiles, mismos que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.205. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Categoría de riesgo
Anfibios	*Lithobates berlandieri neovolcanicus*	rana leopardo neovolcánica	Amenazada (A)
Aves	Anas diazi		Amenazada (A)
	Astur cooperii	gavilán de Cooper	Sujeta a protección especial (Pr)
	Geothlypis tolmiei	chipe de Tolmie	Amenazada (A)
	Parabuteo unicinctus	aguililla rojinegra	Sujeta a protección especial (Pr)
	Tachybaptus dominicus	zambullidor menor	Sujeta a protección especial (Pr)
	Xenotriccus mexicanus	mosquero del Balsas	Sujeta a protección especial (Pr)
Mamíferos	*Choeronycteris mexicana*	murciélago trompudo mexicano	Amenazada (A)
Reptiles	Crotalus aquilus	cascabel de Querétaro	Sujeta a protección especial (Pr)
	Crotalus molossus	cascabel de cola negra	Sujeta a protección especial (Pr)
	Kinosternon (Kinosternon) integrum	tortuga de agua	Sujeta a protección especial (Pr)
	Lampropeltis polyzona	falsa coralillo	Amenazada (A)
	Sceloporus grammicus	chintete de mezquite	Sujeta a protección especial (Pr)
	Thamnophis eques	culebra de agua	Amenazada (A)

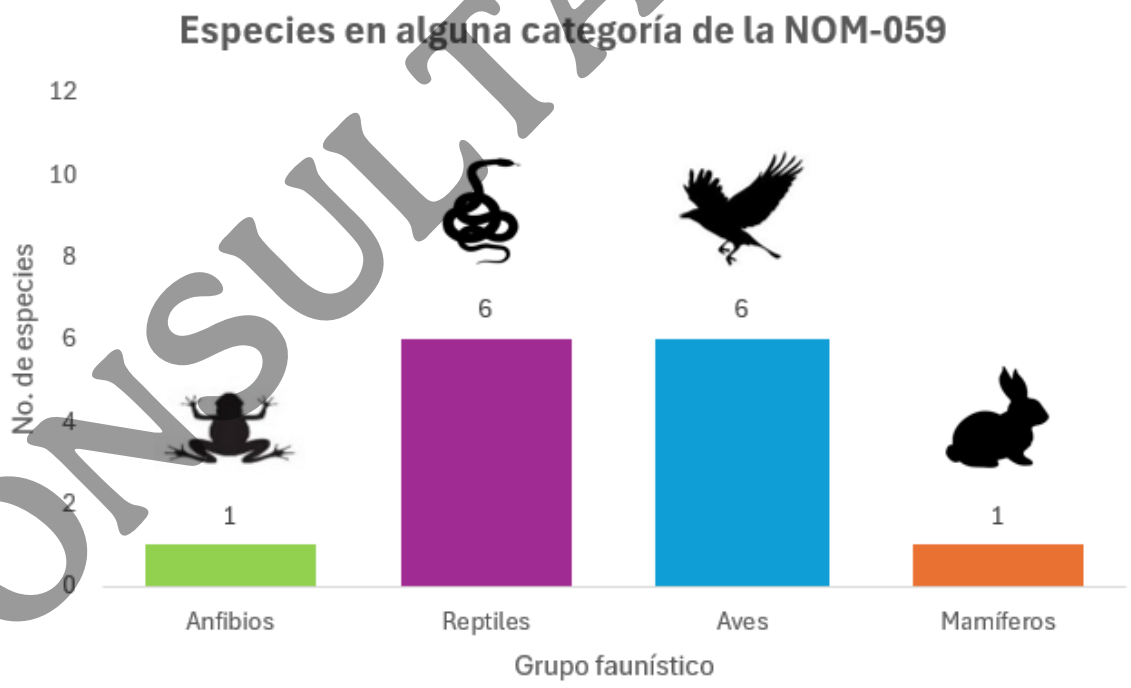


Figura III.237. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



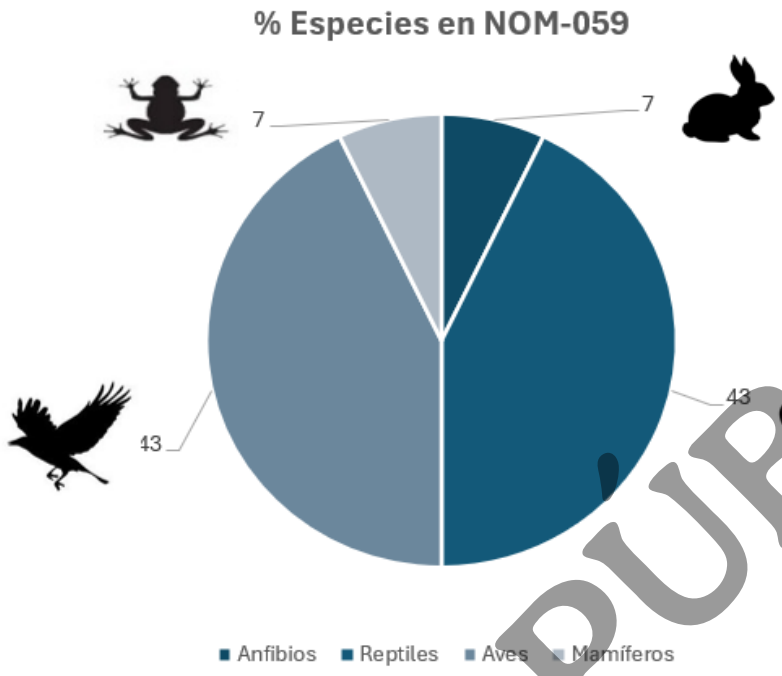


Figura III.238. **Porcentaje de fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Especies endémicas

De las 182 especies de fauna silvestre reportadas en estudios previos para el Cerro de Arandas, 143 son nativas, 35 presentan algún endemismo y 4 especies son exóticas-invasoras (*Ardea ibis, Passer domesticus, Oreochromis aureus* y *Indotyphlops braminus*).

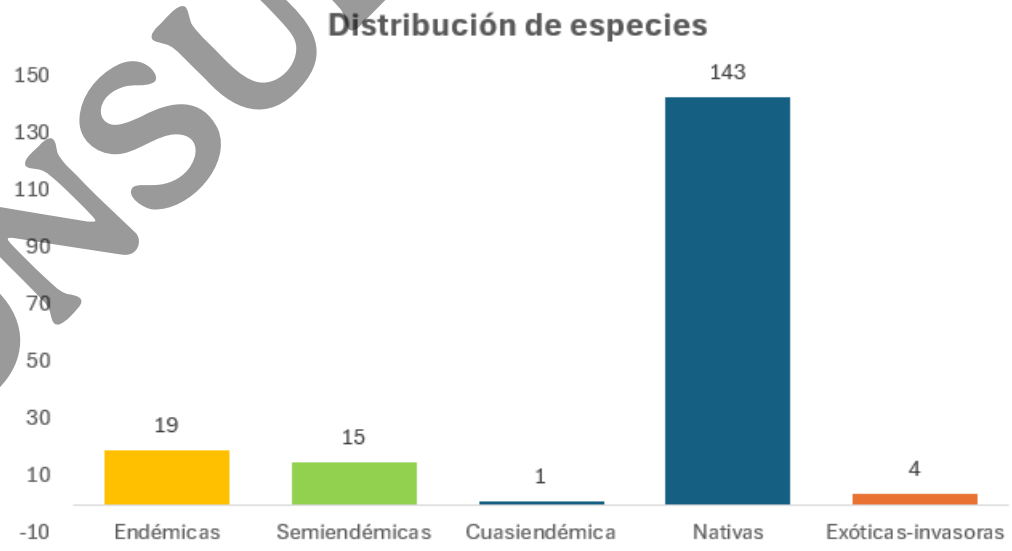


Figura III.239. **Distribución de las especies de fauna silvestre en el Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



De las 35 especies que presentan distribución restringida al país, un total de 19 son endémicas, 15 son semiendémicas y 1 spp. es cuasiendémica. Del total, una especie corresponde al grupo de los peces, 4 son anfibios, 7 son reptiles, 20 son aves y 3 especies corresponden al grupo de los mamíferos, mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.206. **Especies endémicas en el Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Endemismo
Anfibios	*Anaxyrus compactilis*	sapo de la meseta	Endémica
	Dryophytes eximius	rana de árbol de montaña	Endémica
	Lithobates berlandieri neovolcanicus	rana leopardo neovolcánica	Endémica
Aves	*Archilochus alexandri*	colibrí barba negra	Semiendémica
	Cynanthus latirostris	colibrí pico ancho	Semiendémica
	Empidonax difficilis occidentalis	mosquero barranqueño	Semiendémica
	Empidonax wrightii	mosquero gris	Semiendémica
	Icterus cucullatus	bolsero encapuchado	Semiendémica
	Lampornis clemenciae	colibrí garganta azul	Semiendémica
	Passerina amoena	colorín pecho canela	Semiendémica
	Pheucticus melanocephalus	picogordo tigrillo	Semiendémica
	Ramosomyia violiceps	colibrí corona violeta	Semiendémica
	Setophaga nigrescens	chipe negrogris	Semiendémica
	Spizella pallida	gorrión pálido	Semiendémica
	Sporophila torqueola	semillero de collar	Endémica
	Turdus rufopalliatus	mirlo dorso canela	Endémica
	Tyrannus vociferans	tirano gritón	Semiendémica
Mamíferos	*Ictidomys mexicanus*	ardilla manchada mexicana	Endémica
Reptiles	*Conopsis nasus*	culebra de tierra de la meseta mexicana	Endémica
	Kinosternon (Kinosternon) integrum	casquito de burro	Endémica
	Pituophis deppei	alicante	Endémica
	Sceloporus dugesii	lagartija escamosa de Duge	Endémica
	Sceloporus spinosus	lagartija escamosa espinosa	Endémica
	Sceloporus torquatus	lagartija escamosa barrada	Endémica

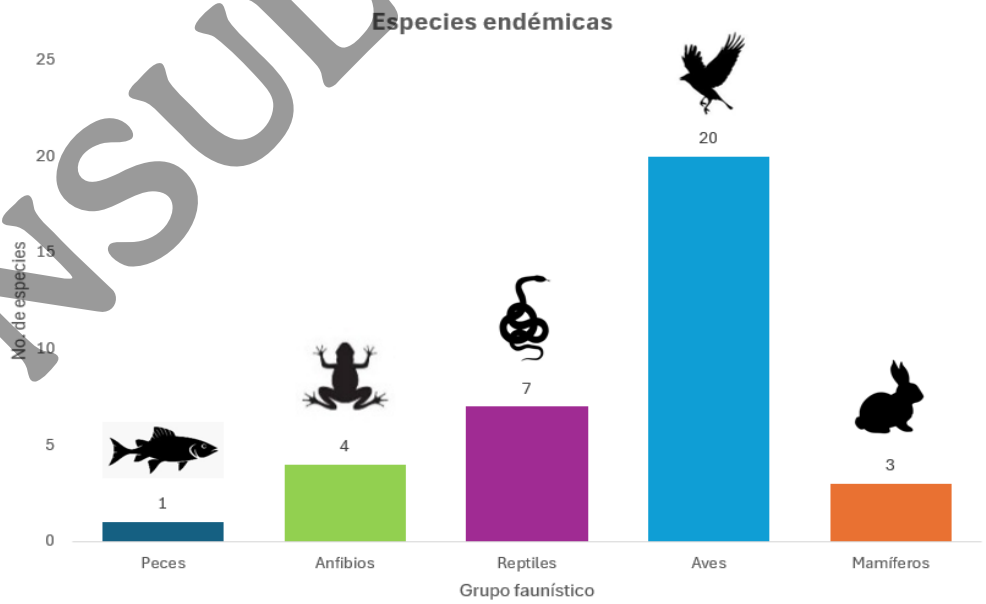


Figura III.240. **Especies endémicas del Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

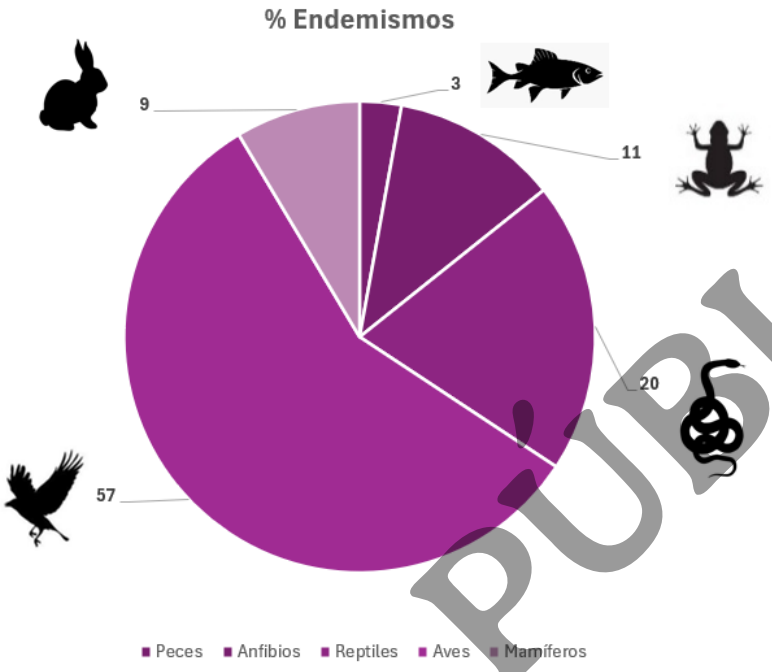


Tabla III.207. **Porcentaje de especies endémicas en el Cerro de Arandas. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

III.8.4. Humedales

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Humedales. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 1:250,000.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se determinó la incidencia con 13 humedales conforme a lo siguiente: sobre 2 humedales Creados en 140,227,153 m² y 651,959 m² (sumando un total de 33,287,050 m² de incidencia dentro de este tipo de humedales); sobre 4 humedales Fluviales en 11,171,564 m², 563,154 m², 21,206,386 m² y 345,948 m² (sumando un total de 140,879,112 m² de incidencia dentro de este tipo de humedales); sobre 3 humedales Lacustres en 409,289 m², 27,258,272 m² y 309,365 m² (sumando un total de 27,259,801 m² de incidencia dentro de este tipo de humedales); y por último, dentro de 4 humedales Palustres en 11,171,564 m², 563,154 m², 21,206,386 m² y 345,948 m² (sumando un total de 140,879,112 m² de incidencia dentro de este tipo de humedales). Para el caso del Área del Proyecto (AP), se identificó que **INCIDE** dentro con 2 humedales conforme a lo siguiente: en 111,550 m² dentro de un humedal del tipo Creado y en 25,805 m² dentro de un humedal Palustre.

Tabla III.208. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a humedales conforme al análisis SIGEIA (2026).

Tipo de humedales	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Creado	111,550	-----	140,227,153	-----
Creado	-----	20.80	651,959	-----
Palustre	25,805	-----	10,879,336	-----
Palustre	-----	411	277,243	-----
Palustre	-----	799	27,259,801	-----
Palustre	-----	1,074	180,267	-----
Lacustre	-----	367	409,289	-----
Lacustre	-----	1,042	27,258,272	-----
Lacustre	-----	1,219	309,365	-----
Fluvial	-----	215	11,171,564	-----
Fluvial	-----	413	563,154	-----
Fluvial	-----	1,106	21,206,386	-----
Fluvial	-----	1,191	345,948	-----

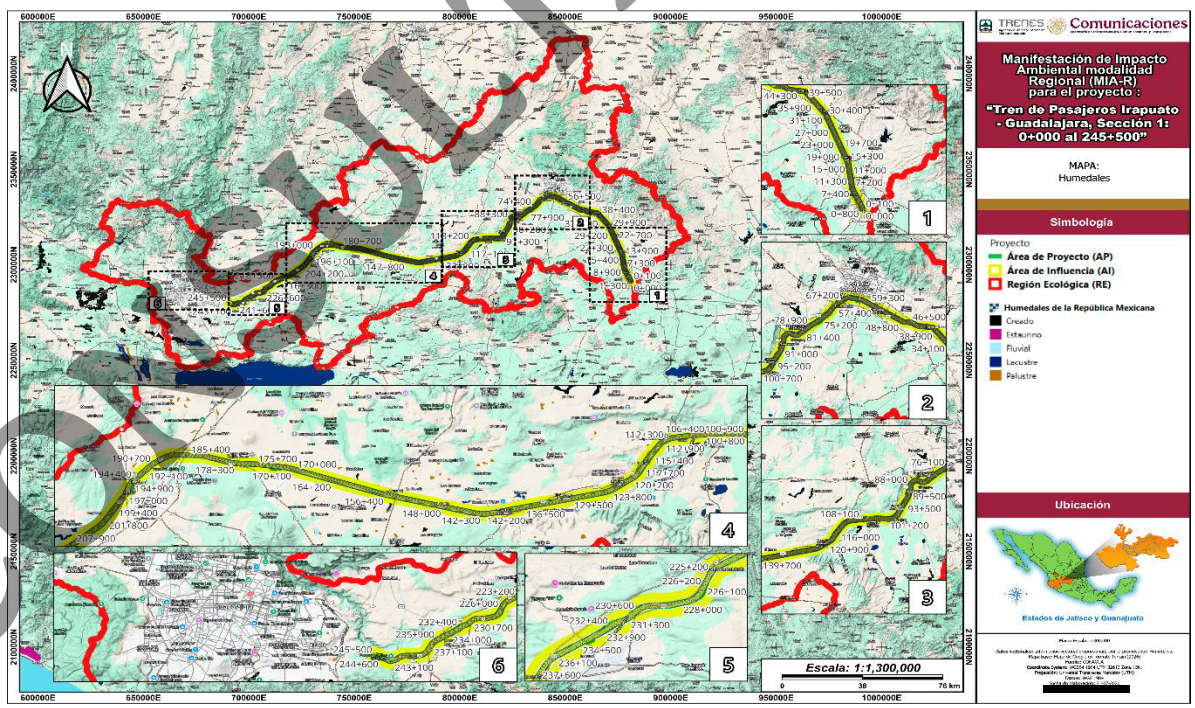


Figura III.241. Incidencia y cercanía de los Humedales con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.5. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: ADVC. CONANP.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se presenta la incidencia dentro de 2 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs) conforme a lo siguiente: en 1,904,028 m² dentro de la AICA-567. El Mexicano, y en 1,541,496 m² dentro de la AICA-446. Potrero El Muerto.

Para el caso del Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** sobre ADVCs, estando a una distancia mayor a 10,000 m conforme al análisis del SIGEIA.

Tabla III.209. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026).

Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
567. El Mexicano	-----	>10,000	1,904,028	-----
446. Potrero El Muerto	-----	>10,000	1,541,496	-----

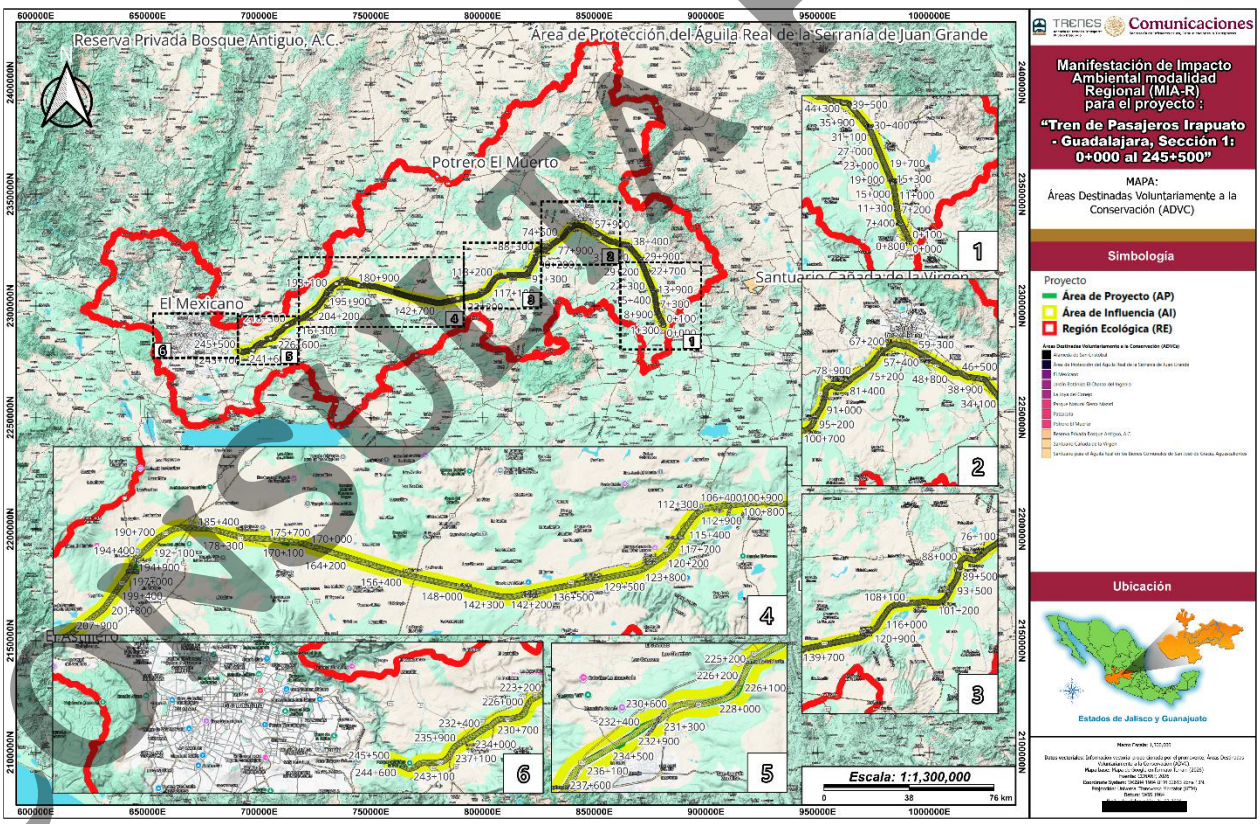


Figura III.242. Incidencia y cercanía de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



III.8.6. Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), 2020.

La Región Ecológica (RE) incide sobre 24 Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) conforme a lo siguiente: en la Sierra Alta en 305,825 m², La Boquilla en 38,343,251 m², Las Rosillas en 6,320,000 m², El Tepozán en 124,340 m², San Marcos en 789,070 m², Hacienda La Paz en 102,632 m², Puerto La Plata en 6,413,235 m², Rancho Bernalejo, S.P.R. de R.L. en 749,598 m², Las Agujas en 1,422,970 m², Rancho La Ceja en 233,631 m², San Ignacio del Puertrecito en 3,287,388 m², Las Moras y Las Huertas en 347,314 m², Patolajara Hunting Expedition en 4,681,450 m², Valle de Guadalupe en 5,486,665 m², Potrerillos en 18,781,529 m², El Potrero de Carranza en 1,419,872 m², Los Coyotes en 5,149,887 m², Laguna Patos Acatic en 799,225 m², El Banco en 871,102 m², Los Lobos en 2,119,281 m², Los Aviones en 2,296,123 m², Uma Ejido Zapotlanejo en 14,090,733 m², La Alteña en 10,621,846 m², y por último, dentro de Golondrinas en 4,999,152 m². En tanto, estas UMAs se encuentran a una distancia mayor a 10,000 m del Área del Proyecto (AP)

Tabla III.210. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026).

Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Sierra Alta	-----	>10,000	305,825	-----
La Boquilla	-----	>10,000	38,343,251	-----
Las Rosillas	-----	>10,000	6,320,000	-----
El Tepozán	-----	>10,000	124,340	-----
San Marcos	-----	>10,000	789,070	-----
Hacienda La Paz	-----	>10,000	102,632	-----
Puerto de Plata	-----	>10,000	6,413,235	-----
Rancho Bernalejo, S.P. R. de R. L.	-----	>10,000	749,598	-----
Las Agujas	-----	>10,000	1,422,970	-----
Rancho La Ceja	-----	>10,000	233,631	-----
San Ignacio del Puertrcito	-----	>10,000	3,287,388	-----
Las Moras y Las Huertas	-----	>10,000	347,314	-----
Patolajara Hunting Expedition	-----	>10,000	4,681,450	-----
Valle de Guadalupe	-----	>10,000	5,486,665	-----
Potrerillos	-----	>10,000	18,781,529	-----
El Potrero de Carranza	-----	>10,000	1,419,872	-----
Los Coyotes	-----	>10,000	5,149,887	-----
Laguna Patos Acatic	-----	>10,000	799,225	-----
El Banco	-----	>10,000	871,102	-----
Los Lobos	-----	>10,000	2,119,281	-----
Los Aviones	-----	>10,000	2,296,123	-----
Uma Ejido Zapotlanejo	-----	>10,000	14,090,733	-----
La Alteña	-----	>10,000	10,621,846	-----
Golondrinas	-----	>10,000	4,999,152	-----

CONSULTA PÚBLICA



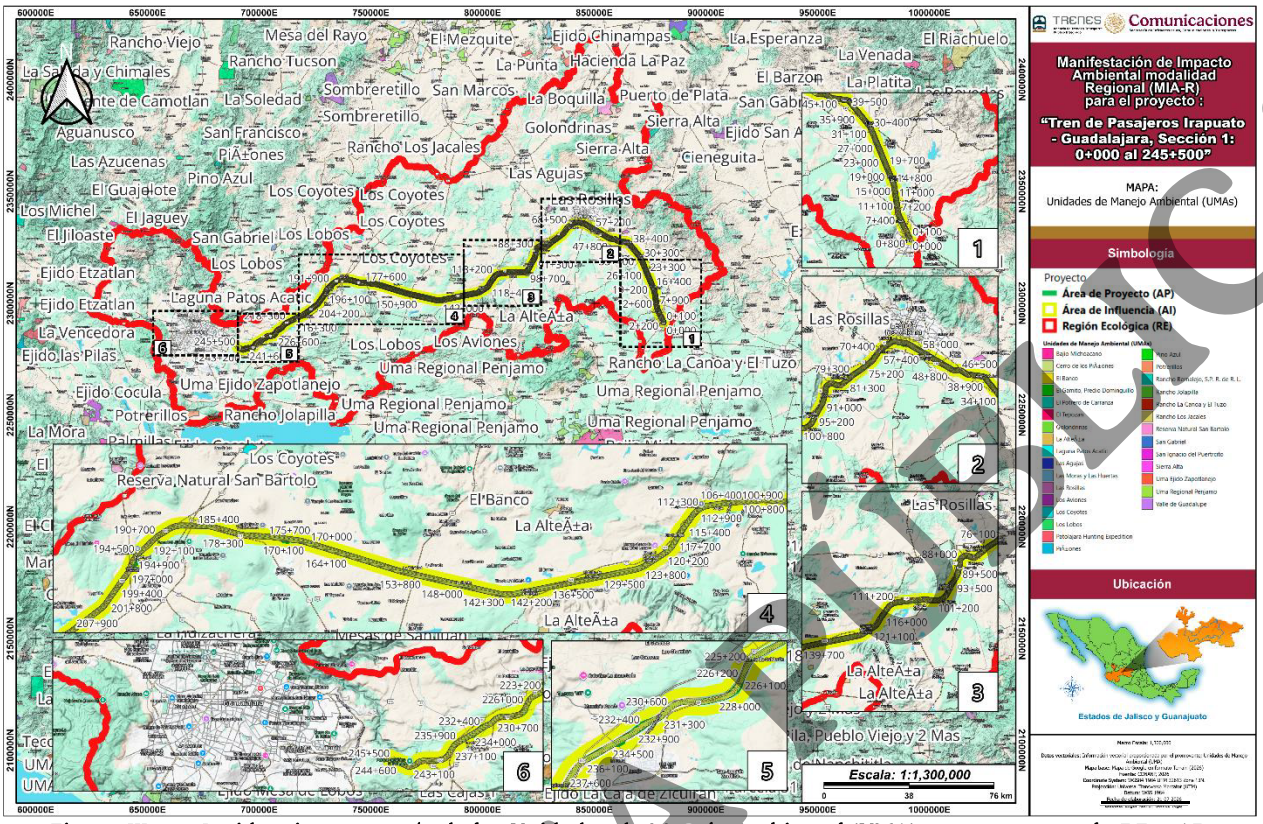


Figura III.243. Incidencia y cercanía de las Unidades de Manejo Ambiental (UMA) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

III.8.7. Regiones Marinas Prioritarias (RMPs)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Regiones Marinas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

No se presenta la incidencia ni cercanía dentro de la Región Ecológica (RE) ni del Área del Proyecto (AP) respecto a las Regiones Marinas Prioritarias (RMPs), todas ellas estando a una distancia mayor a los 10,000 m respecto al análisis SIGEIA.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.8. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Regiones Hidrológicas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

La Región Ecológica (RE) incide dentro de 3 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) conforme a lo siguiente: dentro de la RHP-57. Cabecera del Río La Laja en 13,537,090 m², dentro de la RHP-58. Chapala-Cajititlán-Sayula en 86,508,108 m² dentro de la RHP-75. Confluencia de las Huastecas en 10,685,623 m², y finalmente, dentro de la RHP-59. Presas Río Turbio en 504,199,900 m². En el caso del Área del Proyecto (AP), **NO SE INCIDE** dentro de RHPs, siendo la más cercana la denominada RHP-59. Presas Río Turbio a una distancia de 3,411 m.

Tabla III.211. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026).

Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
RHP-57. Cabecera del Río La Laja	-----	>10,000	13,537,090	-----
RHP-58. Chapala-Cajititlán-Sayula	-----	>10,000	86,508,108	-----
RHP-75. Confluencia de las Huastecas	-----	>10,000	10,685,623	-----
RHP-59. Presas Río Turbio	-----	3,411	504,199,900	-----

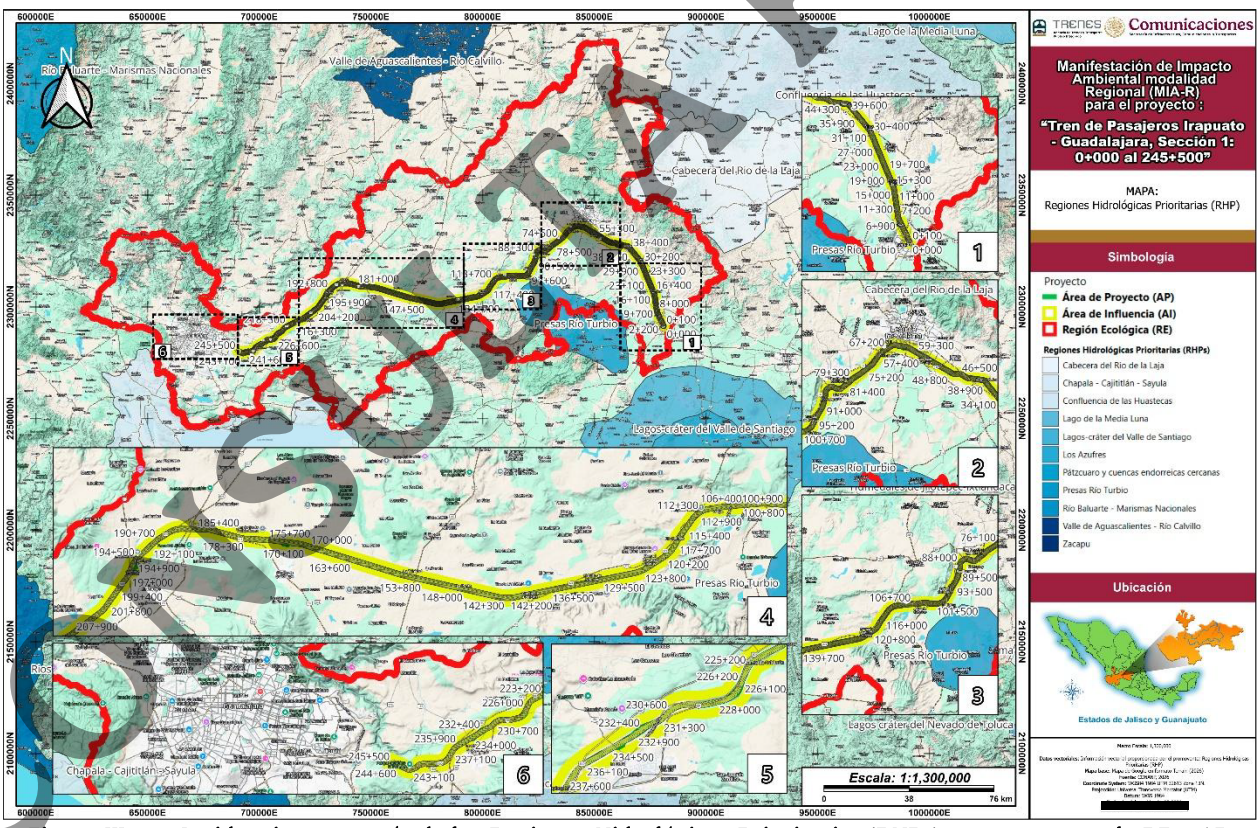


Figura III.244. Incidencia y cercanía de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.9. Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Regiones Terrestres Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

La Región Ecológica (RE) presenta una incidencia dentro de 2 Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) conforme a lo siguiente: dentro de la RTP-99. Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa en 520,278,311 m², y dentro de la RTP-113. Cerro Viejo-Sierras de Chapala en 315,164,568 m². En el caso del Área del Proyecto (AP), la RTP más cercana corresponde a la RTP-99. Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa a una distancia de 6,877 m.

Tabla III.212. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026).

Regiones Terrestre Prioritarias (RTPs)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia	Cercanía (m)	Incidencia	Cercanía (m)
RTP-99. Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa	-----	6,877	520,278,311	-----
RTP-113. Cerro Viejo-Sierras de Chapala	-----	>10,000	315,164,568	-----

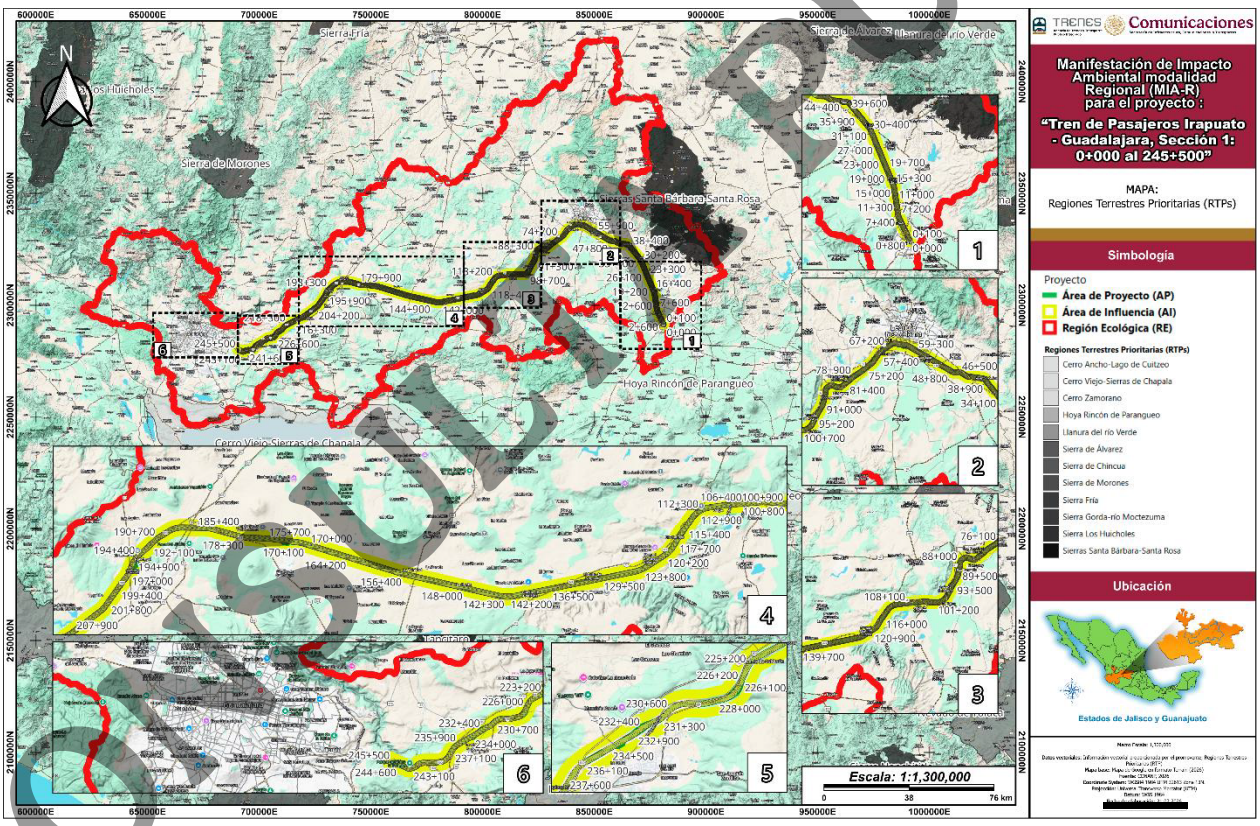


Figura III.245. Incidencia y cercanía de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.10. Sitios RAMSAR

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Sitios RAMSAR. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

La Región Ecológica (RE) se incide dentro de 2 sitios RAMSAR conforme a lo siguiente: dentro del Sitio RAMSAR 50-Área Natural Protegida Estatal Presa de Silva y Zonas Aledañas en 39,389,935 m², así como en la 66-Lago de Chapala en 13,584 m².

Para el caso del Área del Proyecto (AP), esta no incide directamente con algún sitio RAMSAR, sin embargo, se encuentra a 2,214 m del Sitio RAMSAR 50-Área Natural Protegida Estatal Presa de Silva y Zonas Aledañas.

Tabla III.213. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a Sitios Ramsar conforme al análisis SIGEIA (2026).

Sitios Ramsar	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
50-Área Natural Protegida Estatal Presa de Silva y Zonas Aledañas	-----	>10,000	39,389,935	-----
66-Lago de Chapala	-----	>10,000	13,584	-----

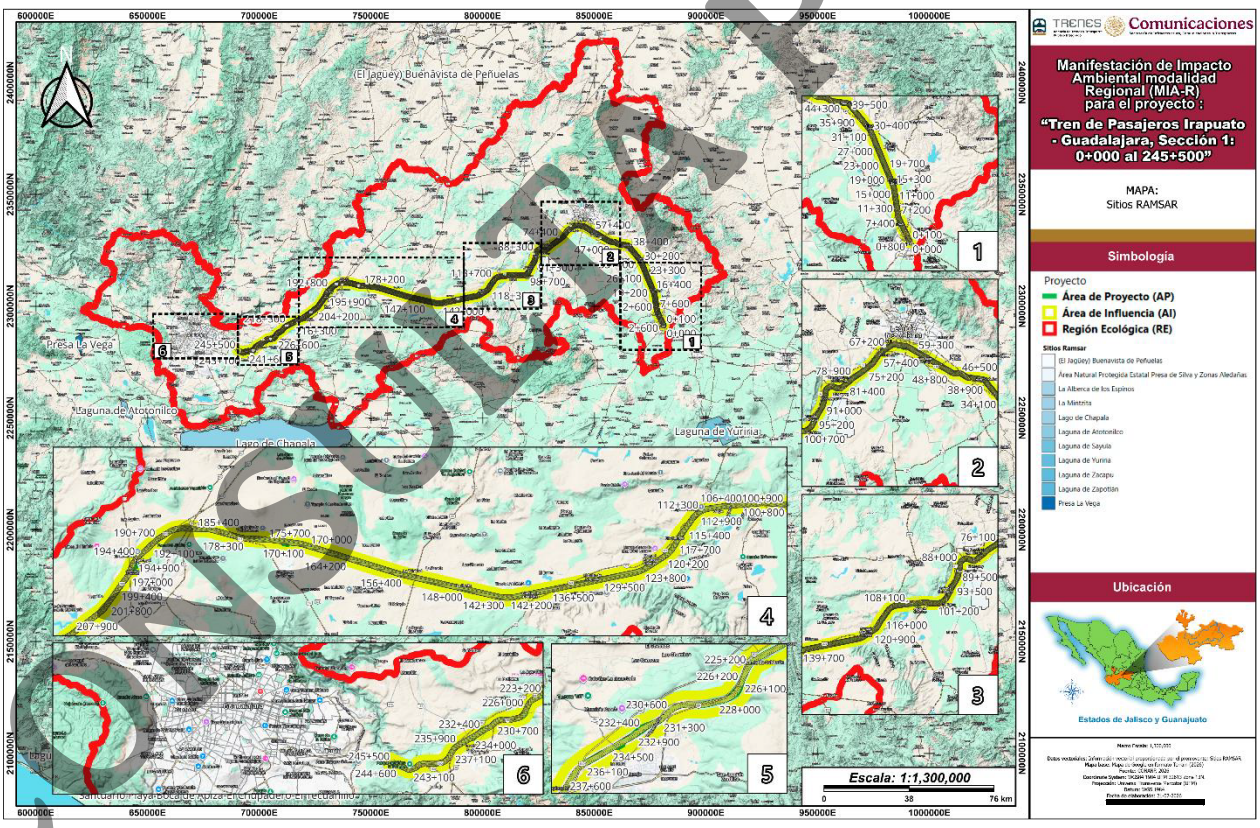


Figura III.246. Incidencia y cercanía de los Sitios RAMSAR con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.11. Distritos de riego

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
Vector de origen: Distritos de riego. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 1:250,000.

La Región Ecológica (RE) se incide dentro de 2 Distritos de Riego conforme a lo siguiente: dentro del 011-Alto Río Lerma en un 134,515,157 m² y dentro del 013-Estado de Jalisco en 144,707,933 m². En el caso del Área del Proyecto (AP), se incide dentro del 011-Alto Río Lerma en un 275,260 m² y se encuentra a una distancia de 3,584 m del 013-Estado de Jalisco.

Tabla III.214. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los Distritos de Riego conforme al análisis SIGEIA (2026).

Distritos de riego	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
011-Alto Río Lerma	275,260	-----	-----	-----
013-Estado de Jalisco	-----	3,584	-----	-----

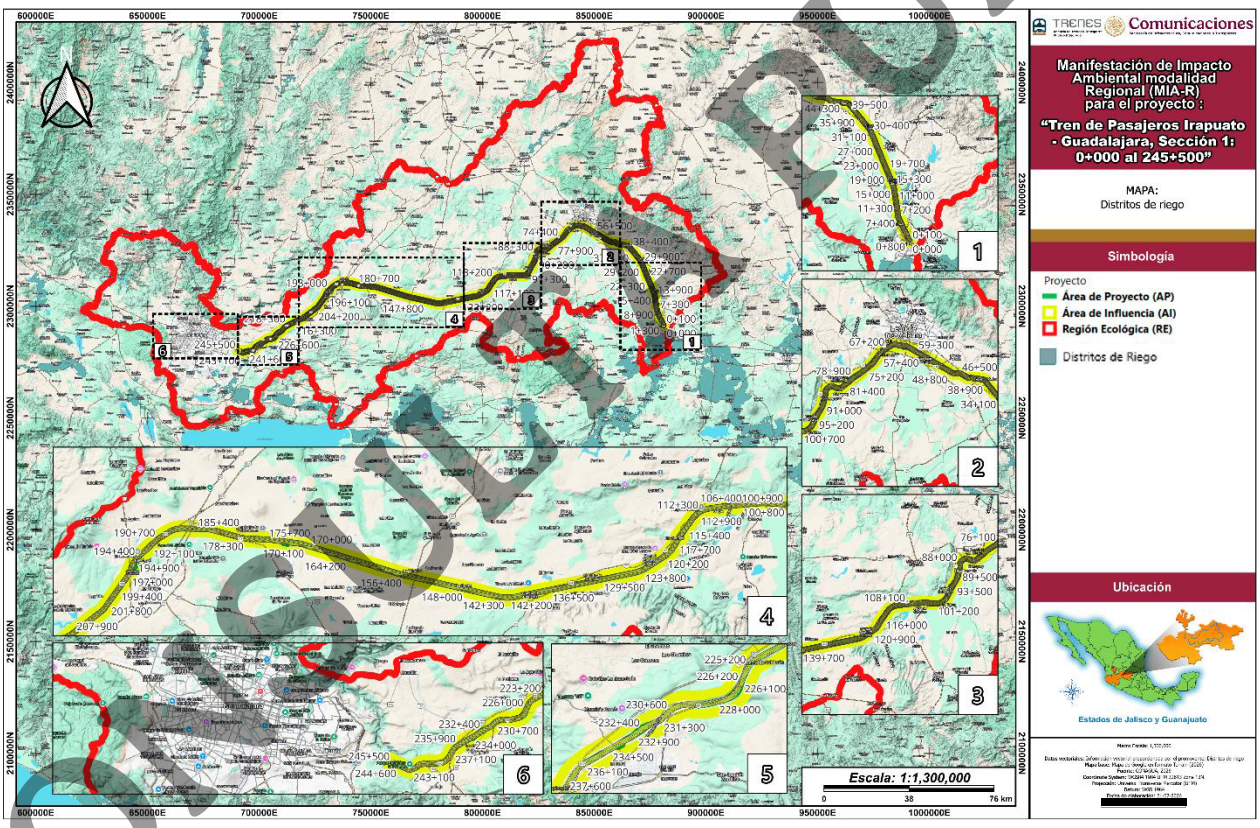


Figura III.247. Incidencia y cercanía de los Distritos de Riego con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.12. Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad (CBC)

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: CONABIO-CONANP.PNUD, (2019). 'Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad de México (2019)', escala: 1:250000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Ciudad de México, México.

La conservación de especies y ecosistemas sólo se puede lograr si hay **conectividad ecosistémica** y los hábitats están **conectados funcionalmente** (Hilty *et al.* 2020); por ello, es fundamental considerar a los corredores bioclimáticos en las acciones de conservación y la planificación territorial en el contexto del cambio global, ya que estas rutas son clave para la dispersión de la flora y la fauna entre fragmentos de vegetación natural al evitar barreras antropogénicas (como los asentamientos humanos, la infraestructura carretera y otros usos del suelo) que se estimaron por medio del **índice de impacto humano (MexBio)**, es decir, este índice se utilizó como una medida de resistencia al desplazamiento de los organismos. Además, en el diseño de los corredores bioclimáticos, se consideraron explícitamente variables climáticas para evitar cambios bruscos en la temperatura y precipitación y seguir transiciones graduales de los gradientes climáticos altitudinales o latitudinales, para que los organismos puedan encontrar condiciones climáticas adecuadas ante el calentamiento global. Los corredores bioclimáticos pueden contribuir a mantener la resiliencia de los ecosistemas y fortalecer las medidas de adaptación y mitigación.

Los fragmentos de hábitat requieren conexión (1); los corredores estándar se diseñan para conectar hábitats considerando la menor distancia posible (2); los corredores climáticos buscan además evitar barreras antropogénicas y cambios bruscos en el clima y pueden conectar hábitats relativamente fríos en las partes altas (3), hábitats de ecosistemas riparios (4) o hábitats en gradientes latitudinales, sin cambios climáticos bruscos (5) (CONABIO *et al.* 2020).

Dentro de la Región Ecológica (RE) se presenta una incidencia de 7,302,461,346 m^2, mientras que para el Área del Proyecto (AP), la incidencia corresponde a 1,601,171 m^2.

Tabla III.215. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los Corredores Bioclimáticos conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.

Corredores bioclimáticos	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica	
	Incidencia (m^2)	Cercanía (m)	Incidencia (m^2)	Cercanía (m)
De importancia para la conservación de la biodiversidad	1,601,171	-----	7,302,461,346	-----

CONSULTA PÚBLICA

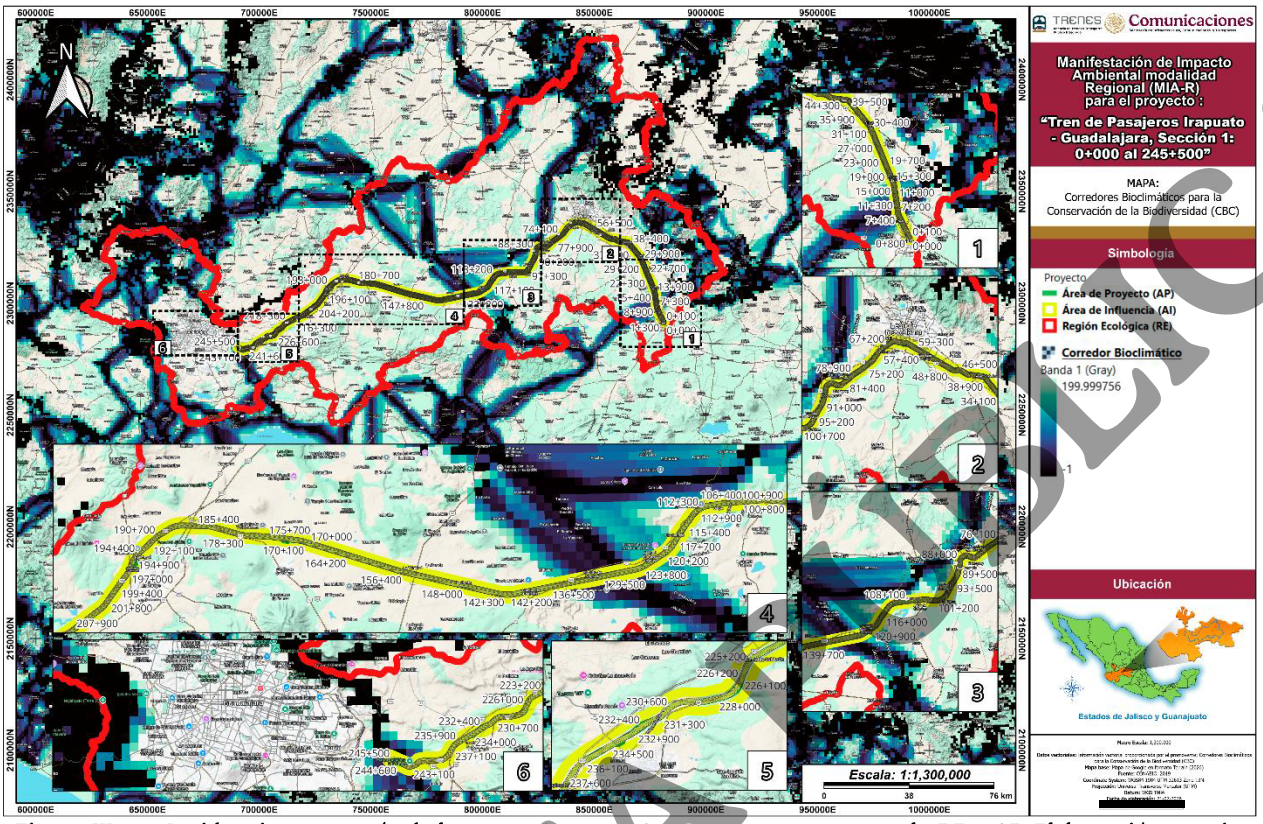


Figura III.248. Incidencia y cercanía de los **Corredores Bioclimáticos** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

III.8.13. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (SAP)

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: CONABIO, (2016). 'Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad de México (2016)', escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Los SAP se diseñaron considerando los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad de ambientes terrestres, acuáticos epicontinentales y costeros, la representatividad ecorregional y otras variables para identificar los espacios naturales en buen estado de conservación que cuentan con una elevada diversidad biológica y que albergan especies de distribución restringida, endémicas y amenazadas, así como ecosistemas vulnerables y adyacentes a las áreas protegidas.

Esquema metodológico utilizado para identificar áreas prioritarias para la conservación y restauración ambiental en México (Tobón et al. 2016). Para la identificación de los SAP se desarrolló un modelo multicriterio espacial con 15 variables agrupadas en cuatro componentes: áreas prioritarias de biodiversidad (10 variables), estado de conservación (3 variables), cercanía a áreas protegidas y en riesgo de deforestación. Las variables fueron estandarizadas en un rango de 0 a 1, y se le asignó un valor de importancia relativa a cada variable, así como a cada uno de los cuatro componentes, con base en discusiones con expertos. El análisis se llevó a cabo con el programa ILWIS (*Integrated Land and Water*

CONSULTA PÚBLICA

Information System, versión 3.3) con capas ráster con un tamaño de píxel de 1 km². La superposición de las variables se realizó por medio de la sumatoria lineal ponderada, la cual permite obtener un valor final para cada píxel en función de la suma de los valores de cada criterio y su importancia relativa en los diferentes niveles de la jerarquía. A partir del mapa integrado se determinaron tres categorías de prioridad que permiten distinguir entre los SAP de prioridad extrema, alta y media que representan 12%, 24% y 36%, respectivamente de la superficie continental de México, considerando el valor acumulado.

La Región Ecológica (RE) incide en 2,013,188,562 m² dentro de estos sitios, específicamente de importancia media en una superficie de 526,141,459 m², de importancia alta en una superficie de 848,500,982 m² y de importancia extrema en una superficie de 638,546,121 m². En tanto, dentro del Área del Proyecto (AP), sólo se incide en una superficie de 52,059 m² dentro de SAPs de importancia media, y se encuentra a una distancia de 863 m de SAPs de importancia alta y a 4,595 m de SAPs de importancia extrema (ambos ubicados dentro del ANP La Primavera).

Tabla III.216. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SAP conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.

Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (SAP)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Importancia media	51,519	-----	526,141,459	-----
Importancia alta	-----	863	848,500,982	-----
Importancia extrema	-----	4,595	638,546,121	-----

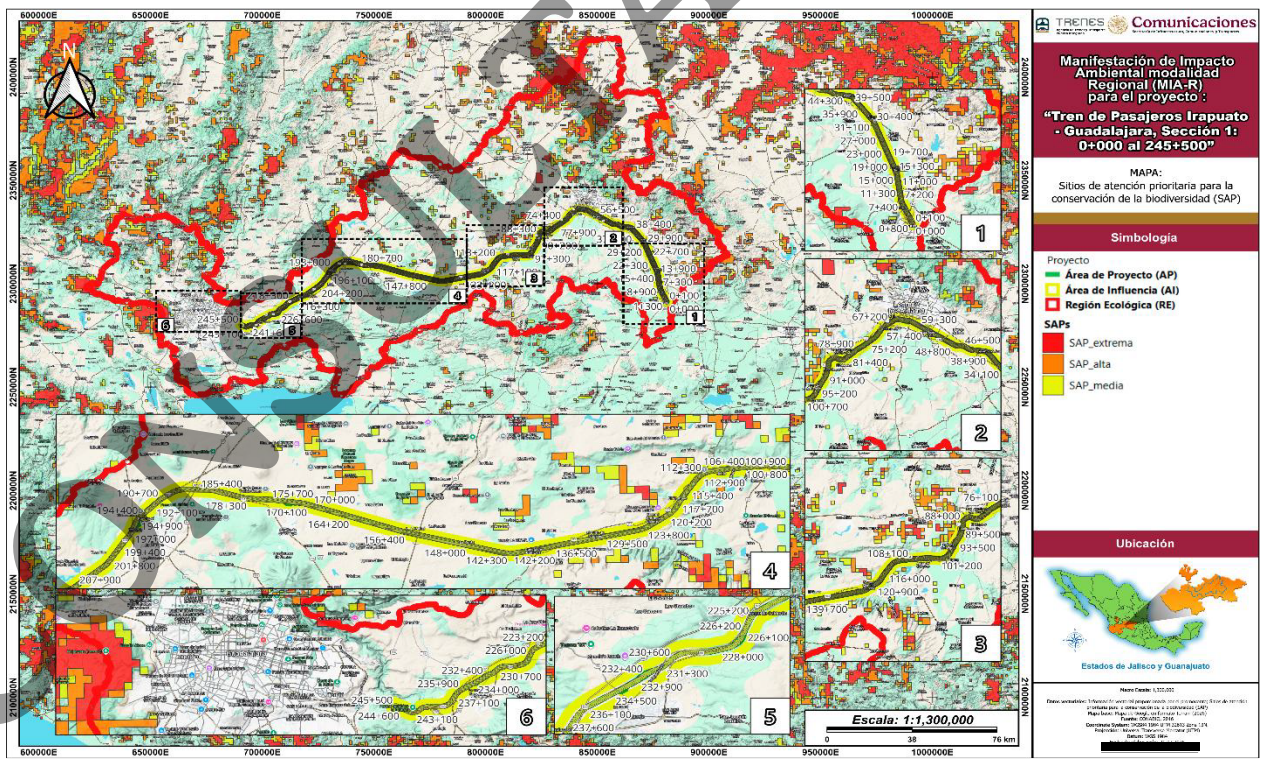


Figura III.249. Incidencia y cercanía de los **SAPs** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



III.8.14. Sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales para la conservación de la biodiversidad (SPEC)

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: CONABIO-CONANP, (2010). 'Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad de México (2010)', escala: 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D. F.

La ubicación geográfica y la accidentada topografía del país, entre otros factores, favorecieron el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas, entre ellos los acuáticos, con una biota diversa que destaca por estar compuesta de numerosas especies endémicas. Conjuntamente, los servicios ambientales que proveen los ecosistemas acuáticos funcionales son múltiples, incluyendo el control de inundaciones, almacenamiento de agua, control de plagas, retención del suelo, control y estabilización de microclimas, provisión de alimentos, purificación de desechos, provisión de servicios estéticos y recreativos, entre muchos otros.

No obstante, los ecosistemas acuáticos han sido también los primeros en recibir los desechos e impactos de las diferentes actividades antropogénicas (Lara-Lara *et al.* 2008), entre los factores que contribuyen a la destrucción y modificación de estos sistemas se puede mencionar la transformación de los ecosistemas (el cambio de uso del suelo), la sobreexplotación del agua, la contaminación de cuerpos de agua, la alteración de los flujos de agua por presas, bordos y canales, y la introducción accidental o deliberada de especies exóticas invasoras que causan severos impactos a los ecosistemas y desplazan a las especies nativas. La pérdida de la biodiversidad acuática epicontinental y de los recursos hídricos tiene como consecuencia la pérdida de bienes y servicios ambientales de suma importancia para el bienestar humano.

Bajo esta perspectiva, una de las estrategias para el mantenimiento de estos ecosistemas es la conservación y manejo sustentable de áreas vinculadas por los procesos clave del ciclo del agua. En este sentido, la identificación de sitios prioritarios para la conservación de los ecosistemas acuáticos epicontinentales resulta ser una herramienta valiosa y útil para dirigir los esfuerzos de conservación, rehabilitación y manejo sustentable. Para la identificación de los sitios prioritarios acuáticos epicontinentales se consideraron siete grandes regiones hidrográficas para asignar valores, ante las pronunciadas diferencias ecológicas entre regiones semiáridas y húmedas que permitió reconocer las particularidades de los impactos humanos que amenazan su biodiversidad. Se llevaron a cabo dos talleres de expertos para consensuar criterios y compilar insumos para el análisis, así como para evaluar los resultados finales. Asimismo, el proceso de discusión y validación fue interactivo y continuo, por medio de un foro de discusión electrónico que contó con la participación de más de 40 expertos.

El resultado fue un conjunto de sitios prioritarios para la conservación acotados a los ambientes acuáticos epicontinentales que abarcan 598,875 km2 (28.8% de la superficie del país), de los cuales, en 2010, 15.8% estaban representados en las áreas protegidas y 21.7% de ellos son sitios de prioridad extrema (Conabio y Conanp 2010; Lira-Noriega et al. 2015).

CONSULTA PÚBLICA



La Región Ecológica (RE) incide en 8,158,631,798 m² dentro de estos sitios, específicamente de SPECs de importancia media en una superficie de 5,122,677,014 m², en SPECs de importancia alta en una superficie de 2,288,819,671 m², y en SPECs de importancia extrema en una superficie de 747,135,113 m².

En el caso del Área del Proyecto (AP), se registró la incidencia sobre 4,290,025 m² dentro de estos sitios, específicamente de SPECs de importancia media en una superficie de 2,874,338 m², en SPECs de importancia alta en una superficie de 1,325,889 m², y en SPECs de importancia extrema en una superficie de 89,798 m².

Tabla 217. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPEC conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.

Sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales para la conservación de la biodiversidad (SPEC)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Importancia media	2,874,338	-----	5,122,677,014	-----
Importancia alta	1,325,889	-----	2,288,819,671	-----
Importancia extrema	89,798	-----	747,135,113	-----

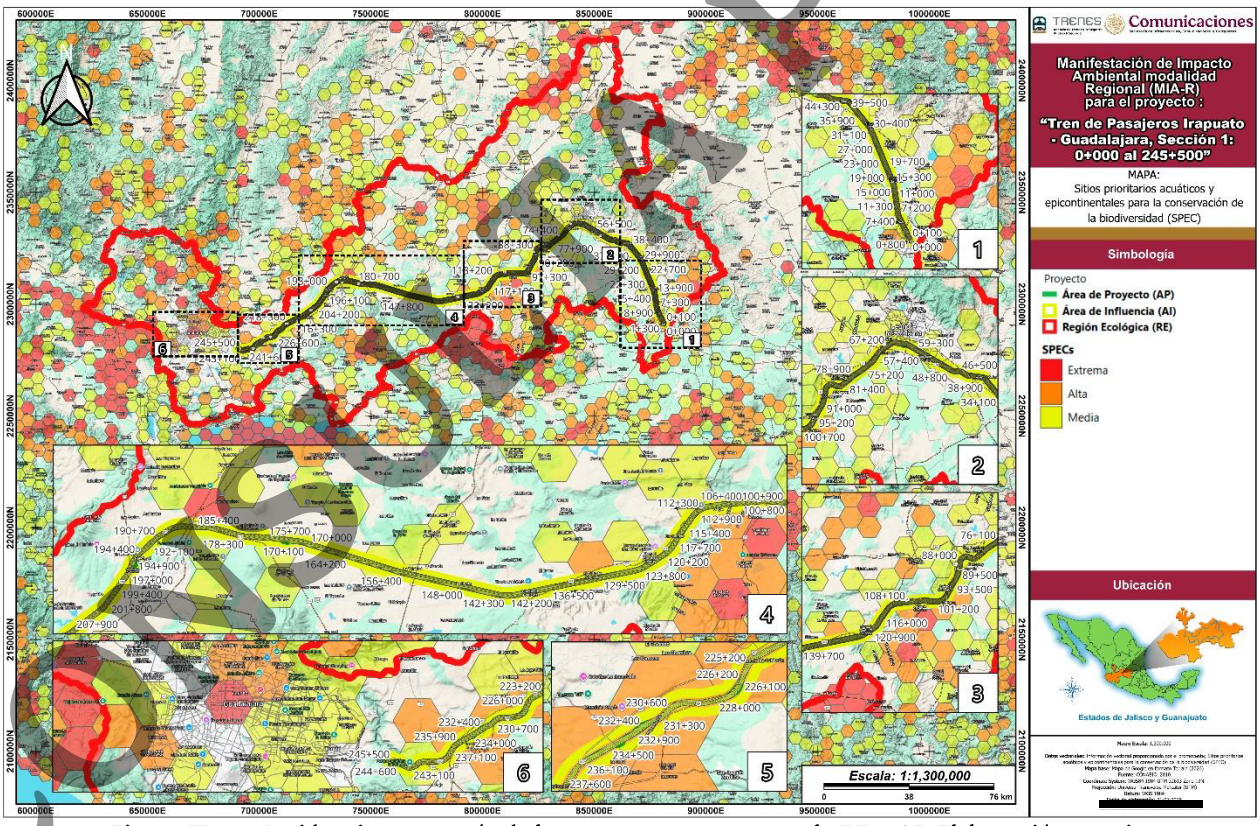


Figura III.250. Incidencia y cercanía de los SPECs con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA



III.8.15. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT)

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: CONABIO, CONANP, TNC, Pronatura, (2007). 'Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad de México (2007)', escala: 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy - Programa México, Pronatura. México, D. F.

Los sitios terrestres prioritarios para la conservación detectados en el análisis de optimización cubren 594 894 km² (30.36% de la superficie), que en 2008 coincidía en 12.9% de la superficie de áreas protegidas, equivalente a 3.9 % de la superficie continental del país.

Entre las conclusiones de este análisis se destacó que las prioridades de conservación para los diversos ecosistemas y grupos de especies deberían utilizarse para optimizar los recursos dedicados a las acciones de conservación y que es imperativo mantener los hábitats conservados, restaurar los que requieren acciones más urgentes y albergan elementos únicos de la diversidad biológica, fortalecer las áreas protegidas, ampliar el abanico de instrumentos que contribuyen a la conservación y promover y apoyar a quienes han innovado en el manejo sostenible de los recursos. Diversos actores deberían sumarse de manera coordinada a la magna tarea de conservar y usar sustentablemente el patrimonio natural de México.

Para identificar los sitios prioritarios terrestres se dividió la superficie terrestre del país en 8,045 hexágonos de 256 km² cada uno, y se utilizó el programa Marxan que aplica un algoritmo de optimización para incluir 1,450 elementos de la biodiversidad de interés para la conservación, así como 19 capas de diversos factores de amenaza. Para reducir el sesgo en la información sobre la distribución de las especies, se utilizaron modelos de nicho ecológico, revisados y editados por especialistas. Los sitios prioritarios son aquellos hexágonos que permiten cumplir con las metas de conservación establecidas para los distintos elementos de la biodiversidad seleccionados en la menor área posible y con los valores más bajos del índice de factores de presión y amenaza.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó una incidencia total en 2,539,958,144 m², específicamente en 1,803,718,955 m² de SPTs de importancia media y en 736,239,189 m² en SPTs de importancia alta.

En el caso del Área del Proyecto (AP), se identificó una incidencia total en 1,246,110 m², específicamente en 712,384 m² de SPTs de importancia media y en 533,726 m² en SPTs de importancia alta.

Tabla III.218. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPT conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.

Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Importancia media	712,384	-----	1,803,718,955	-----
Importancia alta	533,726	-----	65,645,106.7128	-----

CONSULTA PÚBLICA



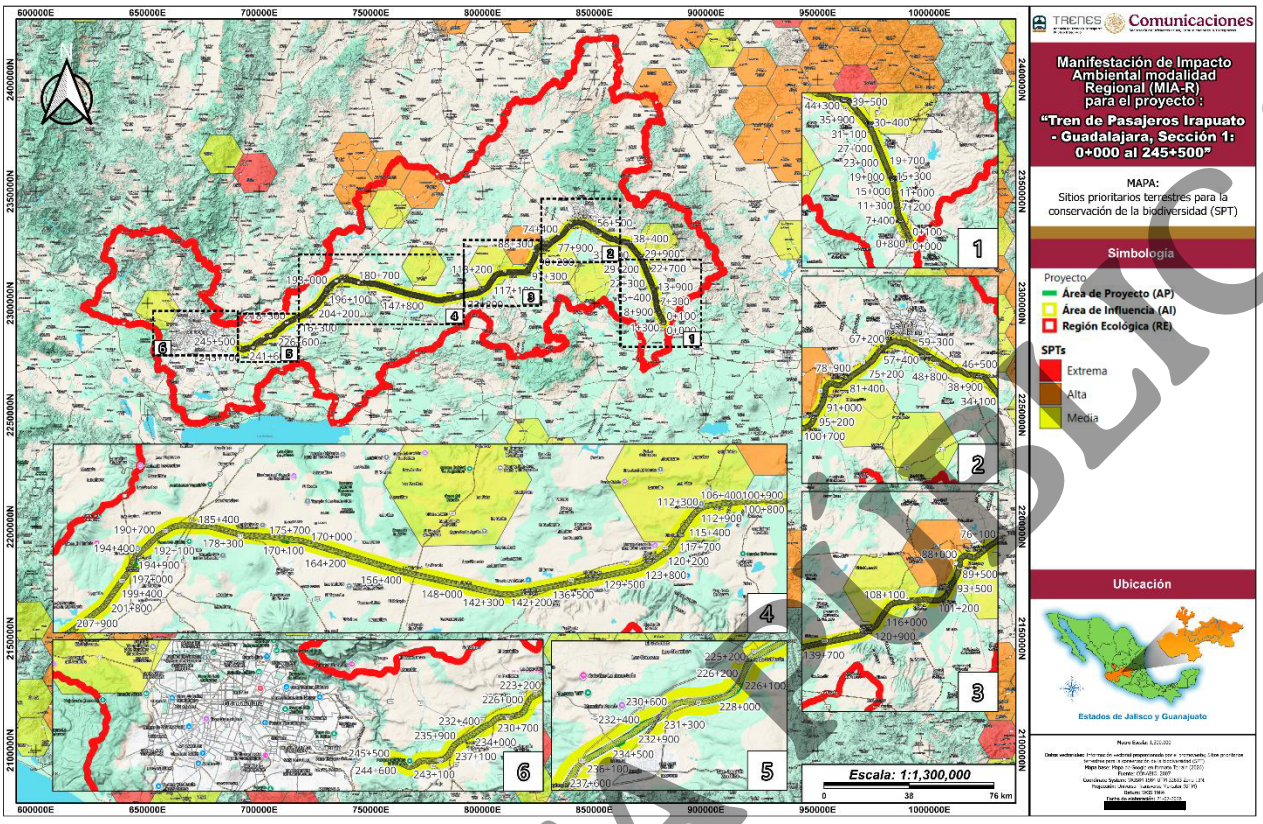


Figura III.251. Incidencia y cercanía de los **SPTs** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

III.8.16. Sitios prioritarios para la restauración (SPR)

Análisis de incidencia: GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Vector de origen: CONABIO, (2016). 'Sitios prioritarios para la restauración de México (2016)', escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Los SPR se definieron con base en los valores más altos del índice, considerando un umbral de 15% de la superficie terrestre de México, con base en la Meta 15 de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Se establecieron tres categorías de prioridad; cada una cubre 5% de la superficie del país. Dos terceras partes de los sitios se localizan en vegetación secundaria, el resto se ubica en tierras dedicadas principalmente a la agricultura, cuya restauración activa o pasiva, por medio de la regeneración natural, ayudaría a fortalecer y complementar los esfuerzos de conservación. En otras zonas degradadas también es importante impulsar la reconversión productiva para mantener o incluso incrementar la provisión de los beneficios de la naturaleza.

Los SAP y los SPR contribuyen a orientar los esfuerzos de restauración planteadas tanto en la Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción 2016-2030, como la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, entre otras, para contribuir al desarrollo territorial sustentable del país.

CONSULTA PÚBLICA

Dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó una incidencia total en 5,979,436,301 m², específicamente en 1,720,361,182 m² de SPRs de importancia media, en 2,024,909,901 m² de SPRs de importancia alta, y en 2,234,165,218 m² de importancia extrema.

En el caso del Área de Proyecto (AP), se identificó una incidencia total en 3,040,903 m², específicamente en 1,268,691 m² de SPRs de importancia media, en 834,324 m² de SPRs de importancia alta, y en 937,889 m² de importancia extrema.

Tabla III.219. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPR conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.

Sitios prioritarios para la restauración (SPR)	Área de Proyecto (AP)		Región Ecológica (RE)	
	Incidencia (m²)	Cercanía (m)	Incidencia (m²)	Cercanía (m)
Importancia media	1,268,691	-----	1,720,361,182	-----
Importancia alta	834,324	-----	2,024,909,901	-----
Importancia extrema	937,889	-----	2,234,165,218	-----

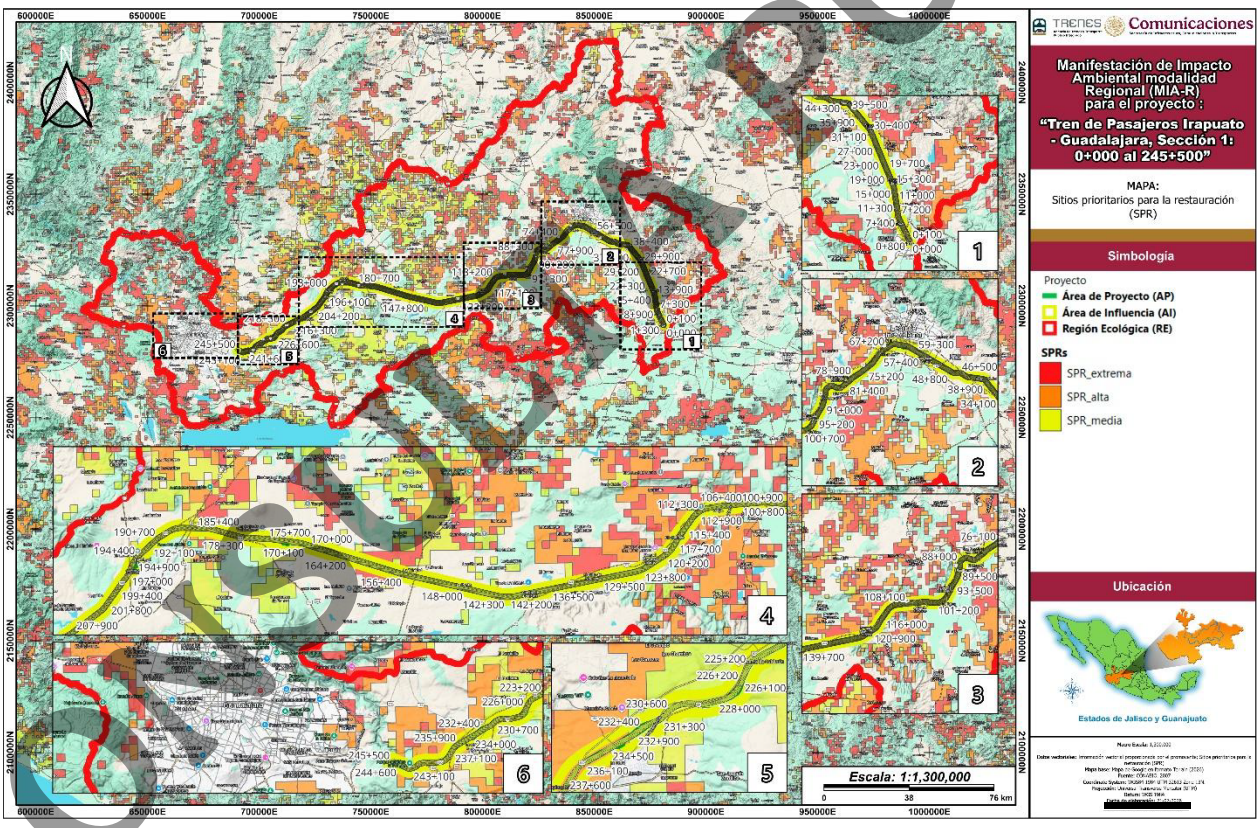


Figura III.252. Incidencia y cercanía de los **SPRs** con respecto a la RE y AP. Elaboración propia.

COPIA PÚBLICA

III.8.17. Áreas de Importancia Ambiental dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

a) Bosques Urbanos dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026.
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa

Los bosques urbanos son definidos como comunidades biológicas que se encuentran dominadas tanto por árboles como por su fauna asociada pero dentro de un entorno urbano, por lo que se encuentran dentro de la zona urbana de una ciudad o pueblo (incluyendo zonas de transición urbana – rural) y sin tener una escala definida ni limitada de manera lineal, periférica y/o de parche (Marquez, 2016). Dichas comunidades pueden encontrarse distribuidas en calles, plazas, parques, jardines, instituciones públicas y también espacios privados, proporcionando diferentes servicios que traen consigo grandes beneficios tales como la atenuación de las altas temperaturas que acontecen en las ciudades por el efecto isla de calor urbana.

Es así como los bosques urbanos representan un importante parámetro de sostenibilidad y bienestar social, por lo que su adecuado manejo en las ciudades representa una estrategia fundamental para hacer ciudades más habitables, placenteras y sostenibles que favorezcan la conexión con la naturaleza y contribuyan a la estabilidad del ecosistema urbano, por lo que dada su importancia en el entorno urbano del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), en esta sección se abordará a dos diferentes niveles el impacto y la incidencia que el proyecto denominado como "Tren de pasajeros Irapuato – Guadalajara" pudiese tener sobre este componente.

El presente análisis fue realizado conforme a la información vectorial obtenida a través de la plataforma IMEPLAN del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara a través de los censos de arbolado en bosques urbanos, de manera en que solamente se tomaron en cuenta aquellos registros de individuos cuya especie se encontrara completamente catalogada y determinada a partir de su nombre científico.

- ***Región Ecológica (RE)***

Dentro de la RE se identificó la incidencia de 13 diferentes bosques urbanos distribuidos entre los municipios de Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque y El Salto dentro de 13 diferentes colonias, que en conjunto acumulan una superficie total de 394.7451 ha, en las cuales se distribuyen 87,430 individuos arbóreos identificados y pertenecientes a 354 diferentes especies. A partir de los registros totales de los individuos identificados por bosque urbano, se pudo observar que aquellos Bosques Urbanos que cuentan con una mayor abundancia de árboles en su superficie, corresponden a los del Parque General Luís Quintanar ubicado en Guadalajara que contiene un 26.79% del total de registros, el Parque Metropolitano ubicado en Zapopan que acumula un 24.46% y el Bosque de los Colomos. En tanto al resto de Bosques Urbanos, todos ellos tienen una incidencia menor al 7% y con valores cercanos al 1%.

CONSULTA PÚBLICA



En la tabla que se muestra a continuación se muestra la distribución de las superficies de incidencia de los diferentes boques urbanos que inciden dentro de la RE y el AMG, así como el número de especies e individuos que cada uno contiene.

Tabla III.220. Bosques Urbanos que inciden sobre la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

Nombre	Municipio	N° de Especies	N° de árboles	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Superficie (%)
Bosque Los Colomos	Guadalajara	198	49,039	914,558	91.4558	23.17
Bosque Urbano Tlaquepaque	San Pedro Tlaquepaque	0	0	100,217	10.0217	2.54
Parque Agua Azul	Guadalajara	109	2,715	112,658	11.2658	2.85
Parque Alcalde	Guadalajara	94	932	60,920	6.0920	1.54
Parque Ávila Camacho	Guadalajara	34	470	48,413	4.8413	1.23
Parque de la Liberación (El Deán)	Guadalajara	87	2,861	260,561	26.0561	6.60
Parque General Luis Quintanar	Guadalajara-Tonalá	120	9,625	1,057,493	105.7493	26.79
Parque González Gallo	Guadalajara	87	4,748	164,977	16.4977	4.18
Parque Metropolitano	Zapopan	166	13,323	965,560	96.5560	24.46
Parque Montenegro	El Salto	51	1,652	129,926	12.9926	3.29
Parque Morelos	Guadalajara	55	1,025	56,380	5.6380	1.43
Parque Natural Huentitán	Guadalajara	36	1,032	69,475	6.9475	1.76
Parque Puerta La Barranca	Guadalajara	6	8	6,312	0.6312	0.16
TOTAL			**87,430**	**3,947,451**	**394.7451**	**100.00**

b) Biodiversidad urbana dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026; iNaturalist (2026).
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa; https://mexico.inaturalist.org/

Los bosques urbanos de la zona metropolitana de Guadalajara representan el recinto y refugio de múltiples especies tanto florísticas como faunísticas, proporcionándoles diferentes servicios ecosistémicos ya sea de manera temporal en el caso de especies migratorias o permanente a aquellas especies residentes de estas áreas, por lo que son considerados de gran importancia tanto para el bienestar social de los ecosistemas urbanos, como para la biodiversidad registrada en dicha área.

iNaturalist es una plataforma de acceso libre y gratuito de ciencia ciudadana cuyo propósito reside en la obtención, corroboración, recopilación y mapeo de registros pertenecientes a individuos de diferentes especies de diferentes grupos biológicos, con observaciones realizadas ya sea de manera individual o en conjunto a partir de un proyecto dado. Es por ello que dichas observaciones y registros son ampliamente valiosos para proyectos de carácter personal, organizacionales, conservativos y de búsqueda científica, ya que con base en ello se pueden tener un acercamiento más certero sobre la fauna potencial especifica en un área determinada.

Es así como con base en los registros de observaciones de grado investigación delimitadas al área de la Zona Metropolitana de Guadalajara proporcionadas por la plataforma iNaturalist que se crearon dos diferentes listados potenciales, uno dirigido al componente faunístico y otro al componente florístico, derivando en los resultados que se muestran a continuación.

CONSULTA PÚBLICA



Flora potencial de la AMG

En el caso de la flora potencial fue posible observar que dentro del rango de la ZMG se registraron un total de 1841 especies divididas en 819 géneros, 179 familias y 10 clases acumuladas dentro de 30,385 registros. Dentro de las familias taxonómicas aquellas que tuvieron mayor número de registros corresponden a Asteraceae con 6,670 especies (21.95%), Convolvulaceae con 1,880 registros (6.19%), Fabaceae con 1,788 registros (5.88%), Solanaceae con 1,773 registros (5.84%) y Lamiaceae con 1,544 individuos registrados (5.08%). En tanto a las 174 familias taxonómicas restantes, todas ellas acumulan el 55.06% restante que acumula un total de 16,730 registros totales.

Tabla III.221. Número de registros por familia botánica de la flora potencial del AMG. Elaboración propia.

Familia	Número de registros	Representatividad porcentual
Asteraceae	6,670	21.95
Convolvulaceae	1,880	6.19
Fabaceae	1,788	5.88
Solanaceae	1,773	5.84
Lamiaceae	1,544	5.08
Otras Familias taxonómicas (174)	16,730	55.06
TOTAL	**30,385**	**100**

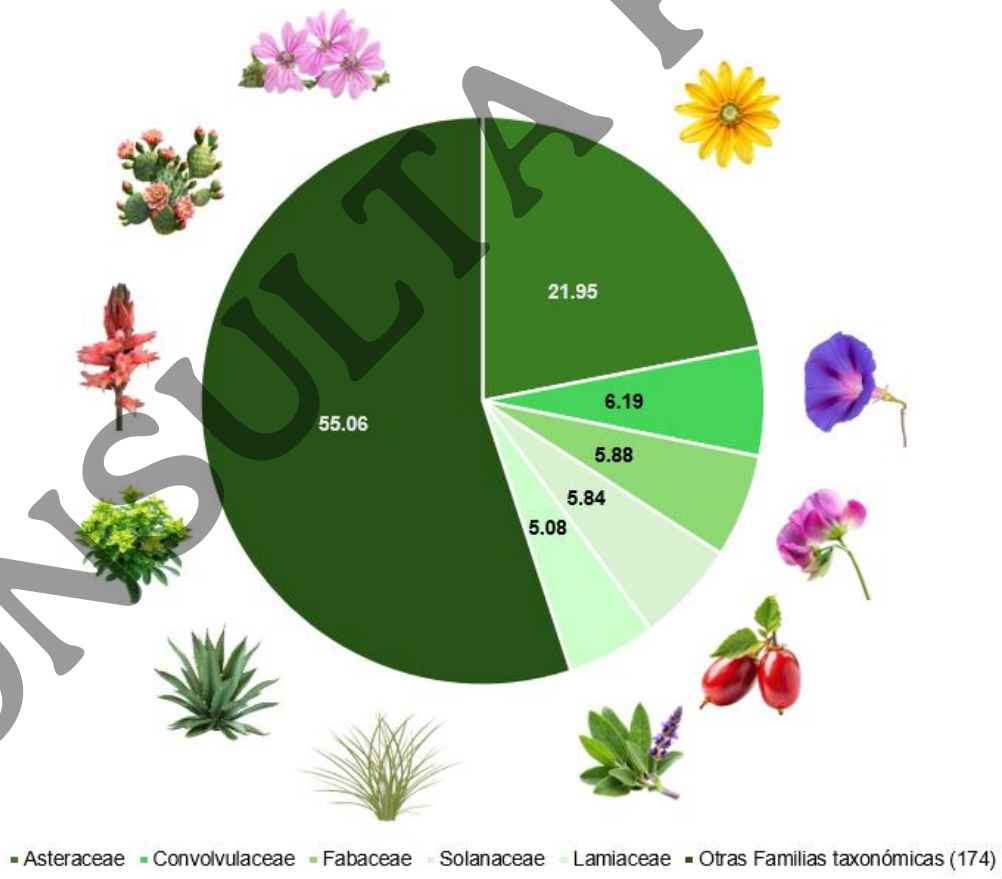


Figura III.253. Porcentaje de especies de la flora potencial del AMG. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

Por otro lado, en cuanto a la diversidad de especies por familia taxonómica, es posible observar que las que tuvieron mayor número de especies registradas coinciden con varias de aquellas familias que también tienen una gran abundancia de registros, de manera en que Asteraceae se corona como la familia con una mayor cantidad de especies registradas dentro de la ZMG al acumular un total de 272 especies (14.77%), seguida por Fabaceae con 139 especies (7.55%) y Orchidaceae con 82 especies (4.45%). En cuanto al resto de familias botánicas, todas ellas representan menos del 4.5% cada una como se muestra a continuación en la siguiente tabla y figura.

Tabla III.222. Relación de familias y especies de la flora potencial del AMG. Elaboración propia.

Familia	Número de especies	Representatividad porcentual
Asteraceae	272	14.77
Fabaceae	139	7.55
Orchidaceae	82	4.45
Poaceae	80	4.35
Euphorbiaceae	62	3.37
Lamiaceae	58	3.15
Apocynaceae	55	2.99
Malvaceae	54	2.93
Solanaceae	54	2.93
Asparagaceae	53	2.88
Convolvulaceae	48	2.61
Cactaceae	39	2.12
Otras familias taxonomicas (167)	845	45.90
TOTAL	**1,841**	**100.00**

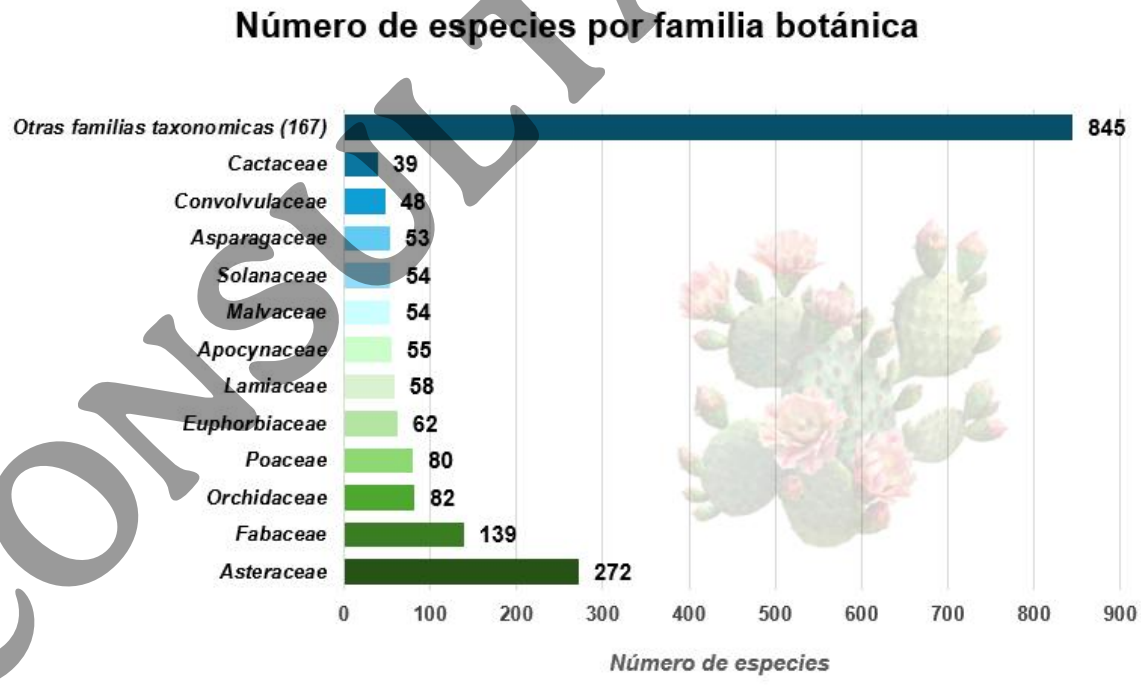


Figura III.254. Número de especies registradas en la ZMG por familia botánica. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Así mismo dentro de las especies de flora registradas es observable que algunas de ellas tienen una mayor cantidad de registros dentro de la ZMG de acuerdo con la plataforma iNaturalist resaltando especies como *Verbesina fastigiata, Ricinus communis, Ipomoea purpurea, Pithecellobium dulce* y *Calyptocarpus vialis* las cuales pese a representar cada un valor cercano al 1%, son los taxones registrados con mayor frecuencia en el área dada su gran abundancia dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara además de que dichos taxones son catalogados como especies pioneras, dado a que suelen encontrarse en áreas con suelos afectados por su gran resistencia a las presiones ambientales que el entorno urbano conlleva.

Fauna potencial del AMG

Por otro lado, para la fauna potencial se tomaron en cuenta 4 grupos faunísticos, los cuales corresponden con anfibios, aves, mamíferos y reptiles, los cuales todos juntos acumularon un total de 63,350 registros divididos en 4 clases, 34 órdenes, 117 familias, 346 géneros y 557 especies totales. Es de ese modo que se pudo observar que dentro de los grupos faunísticos contemplados, aquel que sobresale por mucho en cuanto al mayor número de registros corresponde con el de las aves, esto debido a su habitual avistamiento, su gran abundancia y al ser individuos altamente llamativos para las personas, por lo que acumularon un total de 58,507 registros, equivalente al 88.18% del total, seguidos por el grupo de los reptiles con 3,555 registros (5.36%), el de los mamíferos con 2,984 registros (4.50%) y finalmente por los anfibios con tan solo 1,304 registros (1.97%).

Tabla III.223. Cantidad de registros por grupo faunístico dentro del AMG. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Número de registros	Representatividad (%)
Amphibia	1,304	1.97
Aves	58,507	88.18
Mammalia	2,984	4.50
Reptilia	3,555	5.36
TOTAL	**66,350**	**100**

CONSULTA PÚBLICA



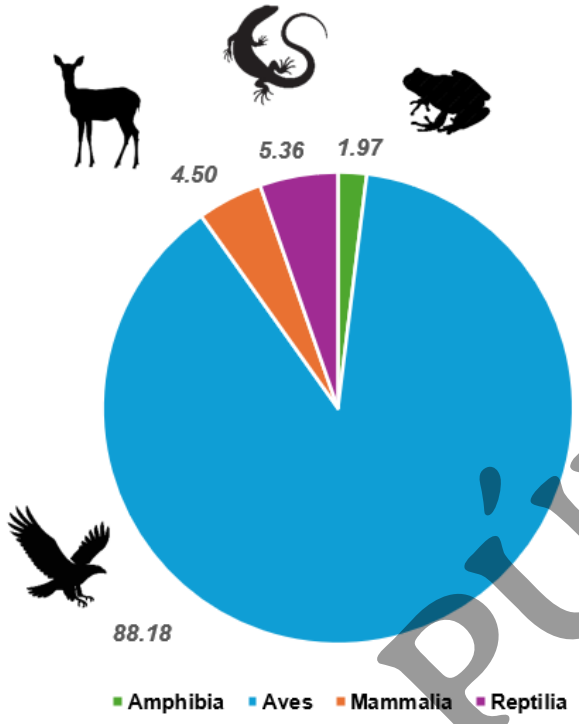


Figura III.255. Porcentaje de la abundancia de registros por grupo faunístico dentro del AMG. Elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto a la riqueza de especies es posible observar un patrón similar al anterior, en donde las aves son el grupo con mayor número de especies registradas al acumular un total de 265 especies, equivalentes al 65.53% del total, seguidas por los reptiles con 86 especies (15.44%), después por los mamíferos con 80 spp. registradas (14.36%) y finalmente por los anfibios con tan solo 26 taxones registrados (4.67%). A la hora de hablar de la riqueza de especies registradas en la ZMG es necesario recordar que las aves tienen dinámicas un tanto diferentes al resto de grupos, ya que a diferencia de otros taxones muchas especies pertenecientes al grupo de las aves tienen hábitos migratorios por temporada, lo que genera que los bosques urbanos representen también una zona de amortiguamiento y descanso para aquellas especies con este hábito generando así por consecuencia un mayor número de registro de especies del grupo.

Tabla III.224. Cantidad de especies registradas por grupo faunístico dentro del AMG. Elaboración propia.

Grupo faunístico	Número de especies	Representatividad (%)
Amphibia	26	4.67
Aves	365	65.53
Mammalia	80	14.36
Reptilia	86	15.44
TOTAL	**557**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

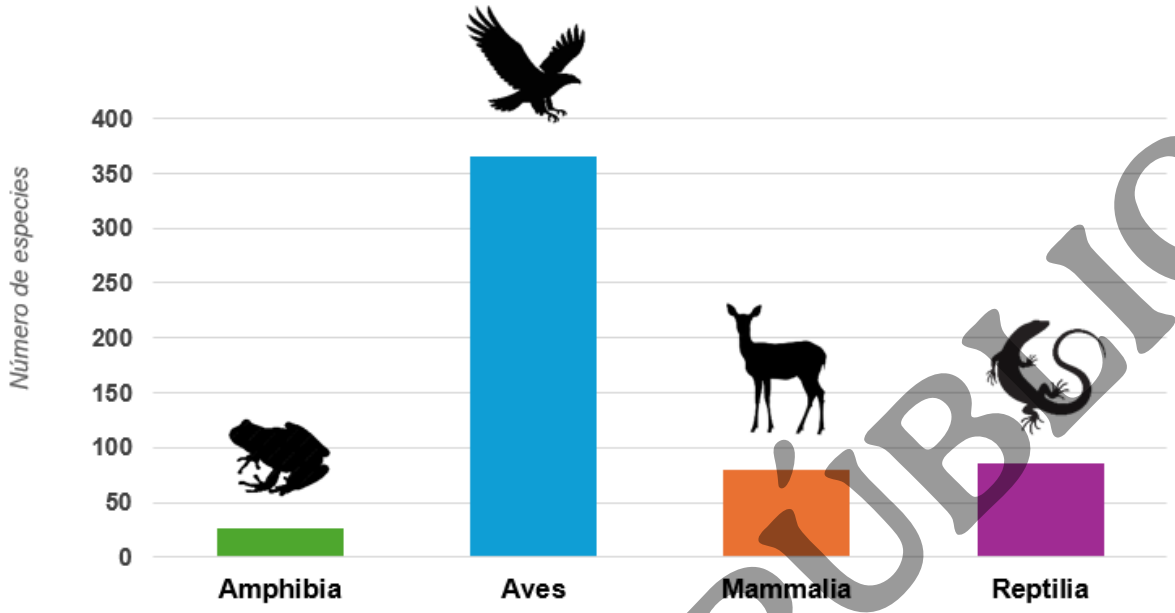


Figura III.256. Número de especies registradas en del AMG por grupo faunístico. Elaboración propia.

c) Arbolado urbano dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica Metropolitana de la plataforma del Zoom Metropolitano del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN). 2026; iNaturalist (2026).
Vector de origen: https://zoom.imeplan.mx/mapa; https://mexico.inaturalist.org/

El Área Metropolitana de Guadalajara es un área urbanizada que se encuentra integrada por los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Acatlán de Juárez, Zapotlanejo y el citado Guadalajara que en conjunto comparten una constante conurbación. Es precisamente dada esta alta taza de urbanización que se hace relevante y necesario la designación y cuidado de áreas verdes para el bienestar social, las cuales toman mayor relevancia al formar parte de los denominados "bosques urbanos" a través de su arbolado que brinda diferentes servicios ecosistémicos a la comunidad.

Es a partir del estudio "Diagnóstico de arbolado urbano y áreas verdes públicas del Área Metropolitana de Guadalajara 2022" realizado por parte del Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN), que se delimitaron las áreas verdes existentes dentro de la AMG por medio de la vía satelital, obteniendo un total de 1,379,306 árboles registrados en 170 polígonos designados como áreas verdes, los cuales acumulan una superficie conjunta de 80,540 hectáreas, en donde los árboles cubren el 23.65 % (19,043.68 ha), los arbustos y pastos el 15.12 % (12,172.99 ha) y 0.39 % de cuerpos de agua (310.5 ha).

CONSULTA PÚBLICA

Si se considera estrictamente como áreas verdes solo a aquellas superficies que cuentan con algún tipo de vegetación presente en su extensión, se hace necesario considerar únicamente a las superficies del arbolado, pastos y arbustos, por lo cual de manera general al realizar la sumatoria de dichas superficies, se obtuvo una superficie total de áreas verdes de 31,216.65, lo cual, representa un 38.76 % sobre la superficie total tal y como se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla III.225. Distribución de las superficies dentro de las áreas verdes por municipio. Elaborado con base en IMEPLAN (2022)

Municipio	Superficie de cobertura de suelo (ha)						
	Arbolado	Cuerpo de agua	Impermeable y suelo desnudo	Pastos y arbustos	Total	Áreas verdes totales	%
El Salto	1,422.68	53.92	2159.5	1002.96	4,639.06	2,425.64	7.77
Guadalajara	2171.76	12.87	11620.66	343.79	14,149.08	2,515.55	8.06
Ixtlahuacán de los Membrillos	342.4	4.14	1057.66	381.16	1,785.36	723.56	2.32
Juanacatlán	281.81	12.2	324.83	118.06	736.90	399.87	1.28
San Pedro Tlaquepaque	2442.34	72.91	5755.18	1674.19	9,944.62	4,116.53	13.19
Tlajomulco de Zúñiga	3787.94	59.97	7984.61	2913.88	14,746.40	6,701.82	21.47
Tonalá	1992.64	40.46	4367.82	1699.77	8,100.69	3,692.41	11.83
Zapopan	6316.42	50.15	14625.76	3574.58	24,566.91	9,891.00	31.68
Zapotlanejo	285.69	3.88	1110.9	464.6	1,865.07	750.29	2.40
Total	19,043.68	310.50	49,006.92	12,172.99	80,534.09	31,216.67	100.00

'Superficies contempladas como áreas verdes

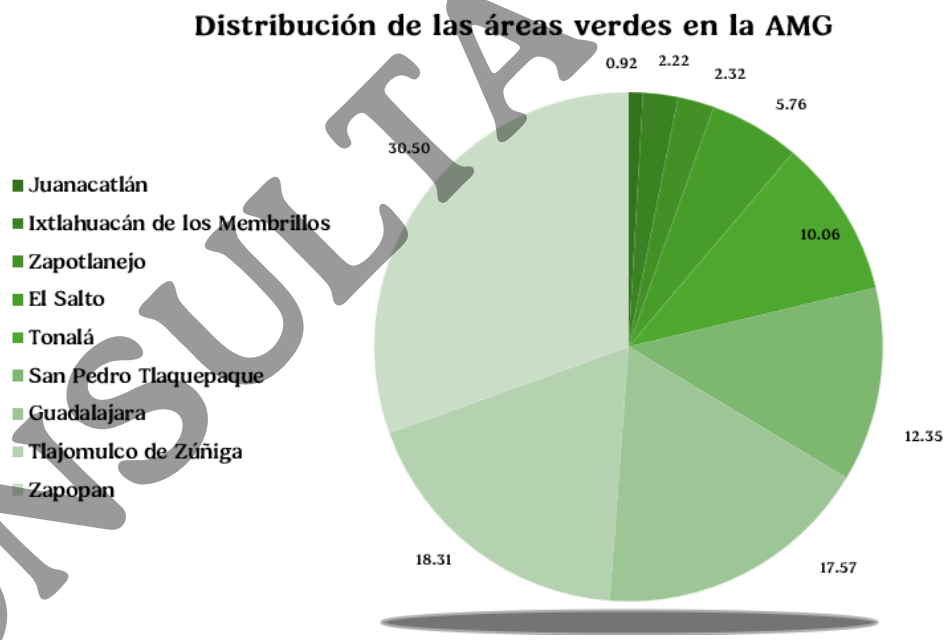


Figura III.257. Distribución de las áreas verdes por municipio de la AMG. Elaborado con base en IMEPLAN (2022)

Así mismo, dentro de estas áreas verdes se realizó un censo en el año 2022 en donde se registraron un total de 1,379,306 individuos arbóreos y arbustivos dentro del AMG, de manera en que aquellos municipios que acumularon una mayor cantidad de individuos

CONSULTA PÚBLICA

registrados corresponden a los de Guadalajara y Zapopan con el 42.34% y 29.02% de los individuos totales, seguidos de Tlajomulco de Zúñiga (8.91 %), San Pedro Tlaquepaque (7.99 %) y Tonalá (6.67 %), mientras que El Salto (2.65 %), Ixtlahuacán de los Membrillos (1.04 %), Zapotlanejo (1.03 %) y Juanacatlán (0.35 %) fueron los municipios con una menor cantidad de vegetación registrada en sus áreas verdes, correspondiendo con la pequeña proporción que su territorio urbano abarca.

Tabla III.226. Distribución de los individuos de las ááreas verdes por municipio. Elaborado con base en IMEPLAN (2022).

Municipio	Individuos registrados	Representatividad (%)
Guadalajara	583,975	42.34
Zapopan	400,341	29.02
Tlajomulco de Zúñiga	122,915	8.91
San Pedro Tlaquepaque	110,189	7.99
Tonalá	92,057	6.67
El Salto	36,500	2.65
Ixtlahuacán de los Membrillos	14,288	1.04
Zapotlanejo	14,267	1.03
Juanacatlán	4,774	0.35
Total	**1,379,306**	**100.00**

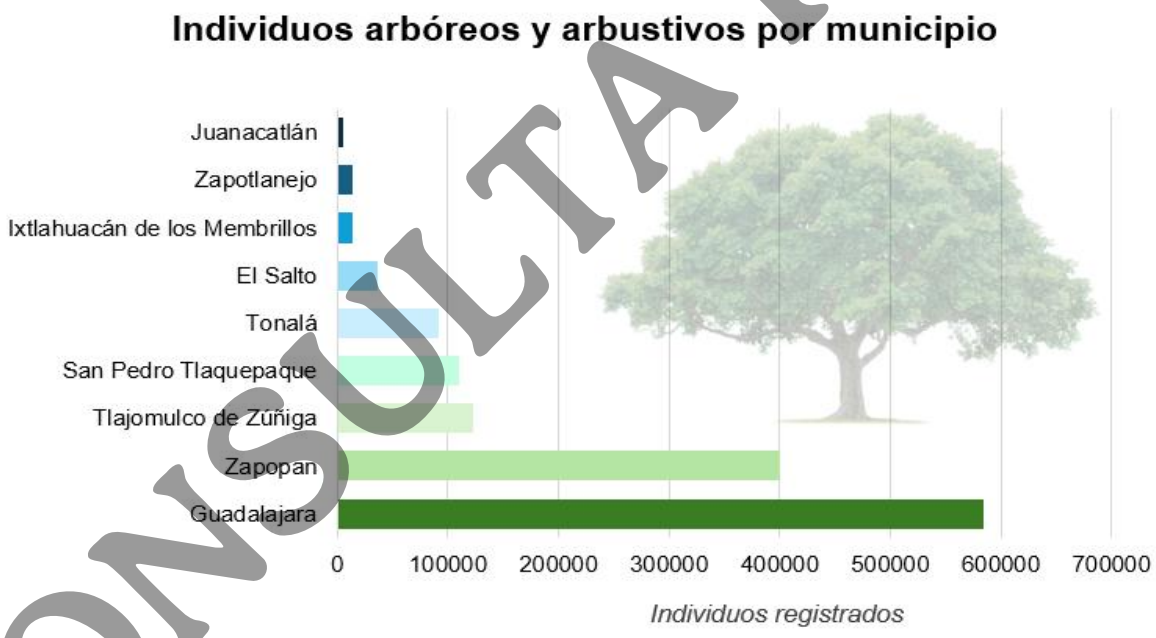


Figura III.258. Distribución de las Individuos arbóreos y arbustivos de las áreas verdes por municipio de la AMG. Elaborado con base en IMEPLAN (2022)

Por otro lado, a partir de una muestra tomada para un censo de arbolado urbano en donde se registraron 49,138 individuos y se tomaron en cuenta solamente 41,608 individuos, se obtuvo que dentro de la AMG existe una riqueza florística que se encuentra compuesta por 277 diferentes especies que se encuentran repartidas en 190 géneros y 73 familias botánicas, de las cuales aquellas que obtuvieron una mayor diversidad de especies fueron Fabaceae con

CONSULTA PÚBLICA

32 especies, Arecaceae con 20 spp., Malvaceae (13 spp), Myrtaceae (13 spp), Pinaceae (12 spp), Cupressaceae (11 spp) y Euphorbiaceae (11 spp). Dentro se estas familias se pudo observar la riqueza de especies que cada municipio obtuvo dentro de la AMG de modo en que Zapopan sobresale como el municipio con mayor diversidad de especies al acumular un total de 203 taxones registrados, seguida inmediatamente por Guadalajara con 185 especies, Tonalá con 148 spp., Tlajomulco de Zúñiga con 147, San pedro Tlaquepaque con 137 y El Salto con 107 spp. El resto de los municipios tienen una diversidad menor a 100 especies tal y como se muestra a continuación.

Tabla III.227. Especies, géneros y familias botánicas por municipio. Elaborado con base en IMEPLAN (2022)

Municipio	Especies registradas	Géneros registrados	Familias registradas
Zapopan	203	143	61
Guadalajara	185	136	57
Tonalá	148	102	47
Tlajomulco de Zúñiga	147	104	46
San Pedro Tlaquepaque	137	102	46
El Salto	107	81	42
Ixtlahuacán de los Membrillos	76	63	34
Zapotlanejo	72	62	29
Juanacatlán	43	38	22

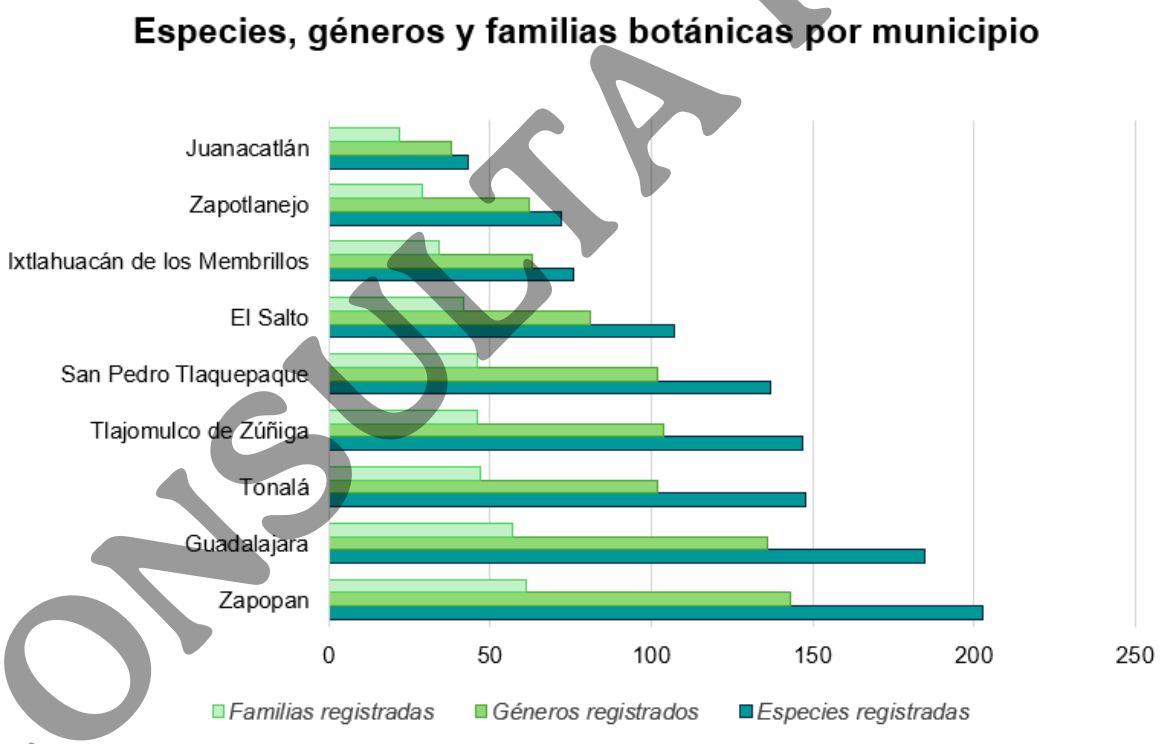


Figura III.259. Distribución de las Individuos arbóreos y arbustivos de las áreas verdes por municipio de la AMG. Elaborado con base en IMEPLAN (2022)

CONSULTA PÚBLICA

También es posible observar que el número de individuos tiene una mayor concentración en especies como *Ficus benjamina* que concentra el 25.4 % de la abundancia total, seguido por *Citrus x aurantium* con 7.99 %, *Syagrus romanzoffiana* con 6.85 %, *Fraxinus uhdei* con el 3.91 %), *Cupressus sempervirens* con 3.89 %, *Psidium guajava* con 3.7 %, *Citrus x limon* con un 3.35 %, *Pithecellobium dulce* con 3.24 %, *Jacaranda mimosifolia* con el 2.92 % y *Casuarina equisetifolia* con 2.38 %, los cuales en conjunto representan el 63.63 % del total de individuos, por lo que el 36.37% restante se encuentra repartido entre las otras 267 spp. restantes de la muestra tomada.

En última instancia, cabe resaltar que todas estas especies e individuos registrados y anteriormente mencionados, cumplen papeles muy importantes dentro del Área Metropolitana de Guadalajara a través de los diferentes servicios ecosistémicos que proporcionan, ya sean de provisión, regulación, soporte y/o cultura, suministrados tanto de manera individual como de manera conjunta, en dinámicas tan imprescindibles como la captura y almacenamiento de carbono, la producción de oxígeno, la remoción de contaminantes y el escurrimiento superficial, cuya importancia se encuentra directa e intrínsecamente relacionada con el bienestar social y la salud comunitaria.

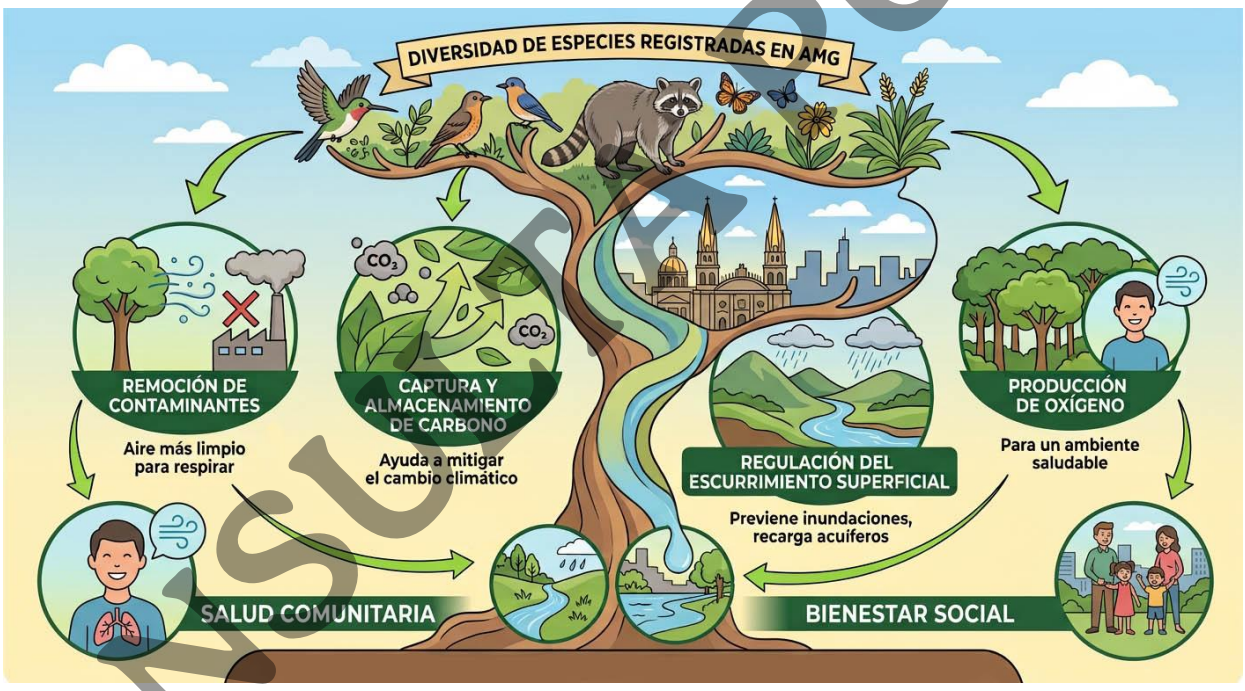


Figura III.260. Servicios ecosistémicos que proporciona el arbolado urbano dentro del AMG. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

III.8.18. Otras áreas de importancia ambiental de interés dentro de la Región Ecológica (RE)

a) Cerro El Tepopote

El cerro El Tepopote se localiza al oeste de Guadalajara, Jalisco, dentro de la faja volcánica transmexicana y en la confluencia de las regiones fisiográficas de los cañones, las cuencas centrales y la región montañosa-declives del pacífico. El área estudiada comprende aproximadamente 655 hectáreas, con una elevación que va de 1,600 a 1,940 m s.n.m. Su ubicación es particularmente importante porque funciona como un elemento de conexión entre el área de protección de flora y fauna la primavera, el área natural protegida bosque el Nixticuil-San Esteban-El diente y la barranca del río Santiago, formando parte de un corredor biológico.

Se registraron 370 especies, pertenecientes a 214 géneros y 76 familias, resultado de la recolección de 410 ejemplares y la revisión de 277 ejemplares previamente depositados en el herbario IBUG. La mayor representación correspondió a las Angiospermas, con 337 especies, seguidas por los helechos con 30 especies, las Gimnospermas con 2 y las Licopodiófitas con 1 especie. Las familias más diversas fueron Asteraceae, con 64 especies; Fabaceae, con 57; Poaceae, con 37; Orchidaceae, con 20; y Pteridaceae, con 16. Estas familias concentran aproximadamente el 70 % de la diversidad vegetal registrada en el área.

Entre los géneros con mayor número de especies destacan *Muhlenbergia*, con 12 especies; *Desmodium* y *quercus*, con 10 cada uno; así como C*heilanthes*, *Dalea* y *Salvia*, con 6 especies c/u.

Tipos de vegetación

Predomina el bosque de *Quercus-Pinus*, aunque también se encuentra bosque de Quercus abierto con pastizal, mientras que en el extremo suroeste existen relictos de bosque tropical caducifolio.

En el bosque de *Quercus-Pinus* y en las áreas abiertas con pastizal, el estrato arbóreo está dominado principalmente por *Quercus castanea, Q. magnoliifolia, Q. resinosa* y *Pinus oocarpa*. Algunas especies de encino presentan una distribución particular dentro del cerro: *Q. castanea, Q. coccolobifolia, Q. conspersa* y *Q. rugosa* se encuentran principalmente en las zonas más elevadas, a partir de los 1,800 m s.n.m., mientras que *Q.* viminea está restringido a las cañadas.

El estrato arbustivo está representado principalmente por compuestas y leguminosas, mientras que el estrato herbáceo es el más rico en especies. Entre las plantas frecuentes se encuentran *Aspicarpa brevipes, Anemia jaliscana, Begonia tapatia, Bidens rostrata, Bletia ensifolia, B. roezlii, Brickellia cuspidata, Coreopsis cuneifolia, Desmodium angustifolium, Euphorbia sphaerorhiza, Ipomoea capillacea, Prochnyanthes mexicana, Psacalium poculifereum* y diversas especies de Salvia.

Las cañadas constituyen ambientes importantes debido a que presentan vegetación más heterogénea y una mayor riqueza de especies que las áreas extensas de pendientes

CONSULTA PÚBLICA



suaves. Algunas plantas parecen estar restringidas a determinadas cañadas, entre ellas *Aralia humilis, Campyloneurum phyllitidis, Epidendrum anisatum, Escobedia grandiflora, Govenia superba, Habenaria mariae, Magnolia pugana, Moussonia elegans, Quercus conspersa, Schoenocaulon jaliscense Var. jaliscense, Sedum jaliscanum, Solanum stoloniferum* y *Viola oxyodontis.*

El bosque tropical caducifolio, aunque ocupa una superficie menor, aporta elementos de afinidad tropical que incrementan la diversidad general del cerro. Su estrato arbóreo presenta alturas de aproximadamente 4 a 8 m. Entre los árboles frecuentes se encuentran especies de *Acaciella, Bursera, Colubrina, Ficus, Tecoma* y *Lippia.* También aparecen arbustos de afinidad tropical y diversas hierbas y trepadoras.

Especies de mayor importancia para la conservación

Uno de los resultados más relevantes fue el descubrimiento de dos taxa nuevos, Se trata de una especie nueva del género Dahlia, posteriormente descrita como Dahlia pugana, y una especie nueva de *Muhlenbergia.* Ambas son endémicas del cerro el tepopote y se localizan entre 1,800 y 1,950 m s.n.m., principalmente en cañadas húmedas de exposición noreste dentro del bosque mixto de Quercus y Pinus. Debido a su distribución reducida y a la presión inmobiliaria existente sobre el cerro, se considera que estas especies presentan un riesgo elevado de extinción.

El Tepopote también presenta numerosas especies endémicas o de distribución restringida. El 45 % de las especies registradas son endémicas de México. Además, se identificaron 10 especies restringidas al estado de Jalisco, entre ellas *Coreopsis cyclocarpa, Cosmos landii var. achalconensis, Habenaria mariae, Perityle jaliscana, Polianthes zapopanensis, Schoenocaulon jaliscense var. jaliscense, Stevia ovalis* y *Wedelia grayi.*

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)

Se encontraron 3 especies incluidas en la NOM-059-semarnat-2010. Estas son:

- *Selaginella porphyrospora* – categoría en peligro de extinción.

- *Campyloneurum phyllitidis* – categoría amenazada.

- *Schoenocaulon jaliscense* var. *jaliscense* – categoría sujeta a protección especial.

Campyloneurum phyllitidis y Schoenocaulon jaliscense var. jaliscense se encuentran asociadas a cañadas, ambientes que el estudio identifica como zonas de elevada heterogeneidad y riqueza.

Consideraciones para la conservación

El índice de diversidad taxonómica calculado para el tepopote fue de 196 especies por km². El área alberga aproximadamente 32 % de las familias, 13 % de los géneros y 6 % de las

CONSULTA PÚBLICA



especies registradas para todo jalisco, resultado significativo ya que el tepopote es relativamente pequeño.

El tepopote contiene especies que no fueron registradas en inventarios florísticos de áreas cercanas, como *Epidendrum anisatum, Habenaria mariae, Malaxis myurus, Manfreda involuta, Muhlenbergia scoparia, Polypogon elongatus, Quercus conspersa, Setaria pumila, Sorghastrum incompletum* y *Trisetum mexicanum*, entre otras. Esto refuerza la idea de que el cerro posee características ambientales particulares que permiten mantener especies ausentes o poco comunes en sitios próximos.

Se relaciona la riqueza florística elevada con la historia geológica compleja de la región, como una actividad volcánica y tectónica continua y la transición entre dos provincias florísticas.

En cuanto a formas de vida, predominan las hierbas, que representan 70 % de las especies, seguidas por arbustos (14 %), árboles (11 %) y bejucos (5 %). El 97 % de las especies son terrestres y el 98 % son autótrofas.

En conjunto, los resultados muestran que el cerro el tepopote constituye un área de alta importancia florística y de conservación. En una superficie relativamente pequeña se concentra una gran cantidad de especies, incluyendo elementos endémicos de México, especies restringidas a jalisco y al occidente mexicano, especies incluidas en la NOM-059 y taxa nuevos para la ciencia.

Se concluye que, debido a su elevada diversidad, endemismo, rareza y presencia de especies protegidas y nuevas para la ciencia, el tepopote debe considerarse un área prioritaria para la conservación.

b) Cerro del Palenque

Este cerro se ubica dentro del estado de Guanajuato, muy cerca del ANP Presa de Silva y Zonas Aledañas. presenta 4 tipos de vegetación; bosque tropical caducifolio, matorral subtropical, bosque de galería y pastizal natural.

Presenta 155 especies de fauna con 38 especies con alguna categoría de riesgo y/o endémicas. Respecto a flora, alberga 125 especies de plantas con 3 especies en alguna categoría de riesgo en la nom-059-semarnat-2010.

Esta área natural protegida se incrusta en la provincia fisiográfica de la faja Neovolcánica transversal y la subprovincia de los altos de jalisco, además, tiene una relevancia significativa en la recarga del acuífero del río turbio, los cuales abastecen a los municipios cercanos como la ciudad de León. Se presentan dos tipos de clima dominantes: semicálido con lluvias en verano en las planicies y en las mesetas por arriba de los 1950 m.s.n.m templado subhúmedo, con un verano fresco y prolongado.

CONSULTA PÚBLICA



Flora:

Está constituida por 46 familias y 125 especies, dentro de 3 clases: Pteridophyta, Dicotyledoneae y Monocotyledoneae.

Dentro de la clase Pteridophyta se encuentra 1 especie (*Cheilanthes myriophylla*). Dicotyledoneae 106 especies y Monocotyledoneae 18 especies.

Algunas de las especies más significativas son:

- Palo de escopeta__*Albizia occidentalis* A-Amenazada.
- Colorín__*Erythrina americana* A-Amenazada.
- Nogal__Cedrela dugesii Pr-Sujeta a protección especial.
- Fresno__*Fraxinus uhdei.*
- Huizache__*Vachellia farnesiana.*
- Palo dulce__*Eysenhardtia polystachya.*
- Pochote__Ceiba aesculifolia.
- Mezquite__Neltuma laevigata.
- Acebuche__*Forestiera phillyreoides.*
- Mazorquilla__*Phytolacca icosandra.*
- Capulín__*Prunus serotina.*
- Toloache__*Datura stramonium.*
- Sauce blanco__*Salix bonplandiana.*
- Aguave azul__*Agave tequilana.*
- Gallinita__Tillandsia recurvata.

Fauna:

Se describen aproximadamente 186 especies, de las cuales 26 corresponden a mamíferos, 131 aves, 21 reptiles y 8 anfibios.

<u>Mamíferos</u>

Algunas de las especies encontradas son:

- Murciélago trompudo__ *Choeronycteris mexicana.* A-Amenazada.
- Tlacuache__*Didelphis virginiana.*
- Venado cola blanca__ *Odocoileus virginianus.*
- Lince americano__ *Lynx rufus.*
- Mapache__ *Procyon lotor.*
- Cacomixtle__ *Bassariscus astutus.*
- Zorra gris__ *Urocyon cinereoargenteus.*
- Coyote__ *Canis latrans.*
- Armadillo de nueve bandas__ *Dasypus novemcinctus.*
- Ardilla terrestre __ *Otospermophilus variegatus.*

CONSULTA PÚBLICA





Aves

- Pato mexicano __ *Anas diazi.* A-Amenazada.
- Zambullidor menor__ *Tachybaptus dominicus.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Cigüeña americana__ *Mycteria americana.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Aguililla negra__ *Buteogallus anthracinus.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Aguililla aura__ *Buteo albonotatus.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Aguililla cola blanca__ *Geranoaetus albicaudatus.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Viero gorra negra__ *Vireo atricapilla.* P-En peligro de extinción.
- Codorniz cotuí__ *Colinus virginianus.*
- Águila pescadora__ *Pandion haliaetus.*
- Colibrí orejas violetas__ *Colibri thalassinus.*
- Centzontle norteño__ *Mimus polyglottos.*

Reptiles

- Lagartija espinosa del mezquite__ *Sceloporus grammicus.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Falso coralillo real__ *Lampropeltis polizona.* A-Amenazada. Endémica.
- Culebra chirriadora__ *Masticophis mentovarius.*
- Alicante__ *Pituophis deppei.* A-Amenazada. Endémica.
- Culebra chata mexicana__ *Salvadora bairdi.* Pr-Sujeta a protección especial. Endémica.
- Culebra nocturna del noreste__ *Hypsiglena jani.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Culebra lineada de bosque__ *Thamnophis cyrtopsis.* A-Amenazada.
- Culebra de agua__ *Thamnophis eques.* A-Amenazada.
- Cascabel de Querétaro__ *Crotalus aquilus.* Pr-Sujeta a protección especial. Endémica.
- Cascabel de cola negra__ *Crotalus molossus.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Cascabel ocelada__ *Crotalus polystictus.* Pr-Sujeta a protección especial. Endémica.
- Tortuga casquito de burro__ *Kinosternon integrum.* Pr-Sujeta a protección especial. Endémica.

Anfibios

- Rana leopardo neovolcánica__ *Rana neovolcanicus.* A-Amenazada. Endémica.
- Rana de árbol de tierras bajas__ *Smilisca fodiens.* Pr-Sujeta a protección especial.
- Sapo montícola de espuela__ *Spea multiplicata.*
- Rana termitera__ *Hypopachus variolosus.*
- Rana arborícola de montaña__ *Dryophytes eximius.*
- Ranita de cañón__ *Dryophytes arenicolor.*
- Sapo de los pinos__ *Incilius occidentalis.*
- Sapo de la meseta__ *Anaxyrus compactilis.*

CONSULTA PÚBLICA



c) Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros

El Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros se ubica al sureste del municipio de Zapopan, en una zona urbana bien consolidada, a los límites de la colonia Jardines Universidad, Vallarta Universidad, Fraccionamiento Puerta del Roble y la Universidad Autónoma de Guadalajara. Presenta clima semi cálido subhúmedo con lluvias en verano, alcanzando una temperatura media anual entre 18 y 22°C, mientras que el periodo promedio de lluvia es entre los meses de mayo a octubre, donde se registran 839mm de media anual.

Diversidad de flora

El área cuenta con alrededor de 10.067 hectáreas de las cuales 7.2 ha constituyen la superficie de área de flora. Los estratos vegetales en el área están conformados por árboles, arbustos y hierbas, donde se registra un total de 84 especies contemplando árboles, arbustos y hierbas.

Las especies registradas pertenecen a un acumulado de 37 familias botánicas, de las cuales Myrtaceae y Poaceae son las más representativas abarcando un 10% cada una del porcentaje total. A éstas le siguen Fabaceae (7%), Pinaceae (7%), Bignoniaceae (6%), Malvaceae (6%), Meliaceae (5%), Moraceae (5%) y Asteraceae (4%). Otras familias botánicas como Araucariaceae, Asparagaceae, Cactaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae entre otras representan en conjunto el 42% restante del total.

De las especies registradas, las más abundantes fueron *Pinus gordoniana* (421 individuos), *Casuarina equisetifolia (331), Eucalyptus camaldulensis (258), Jacaranda mimosifolia (168), Fraxinus uhdei (111), Pinus greggii (72), Corymbia citriodora (66), Salix bonplandiana (60), Pinus devoniana (50)* y *Cupressus lusitanica (45).* En cambio, de las más representativas en el estrato herbáceo destacan *Verbesina fastigiata* (árnica), *Eryngium carlinae* (hierba del sapo), *Cirsium vulgare* (cardo mariano) e individuos de la familia Poaceae (pastos), en tanto que para el estrato arbustivo dominan especies de agave y plantas ornamentales. En la zona angosta de la barranca se observan plantas semiacuáticas como *Xanthosoma sagittifolium* (orejas de elefante) y *Phragmites australis* (carrizos).

CONSULTA PÚBLICA



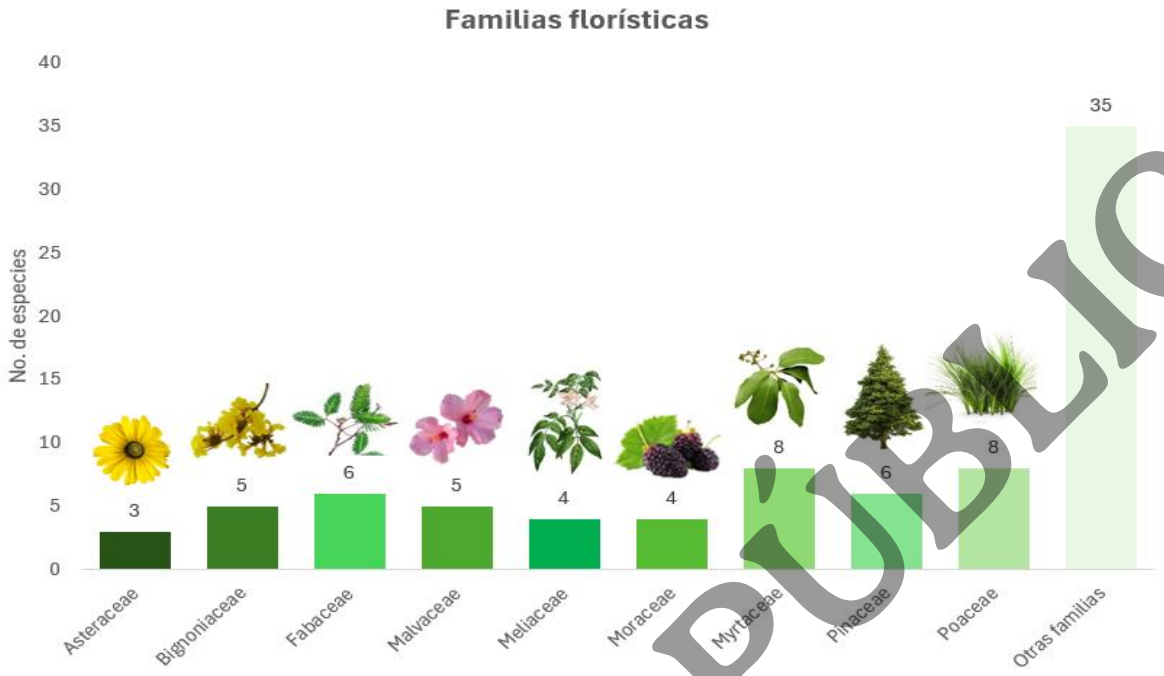


Figura III.261. **Familias florísticas reportadas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia.**

En cuanto a los endemismos, se reportan 42 especies nativas, 12 exóticas-invasoras, 22 especies exóticas y 8 s endémicas.

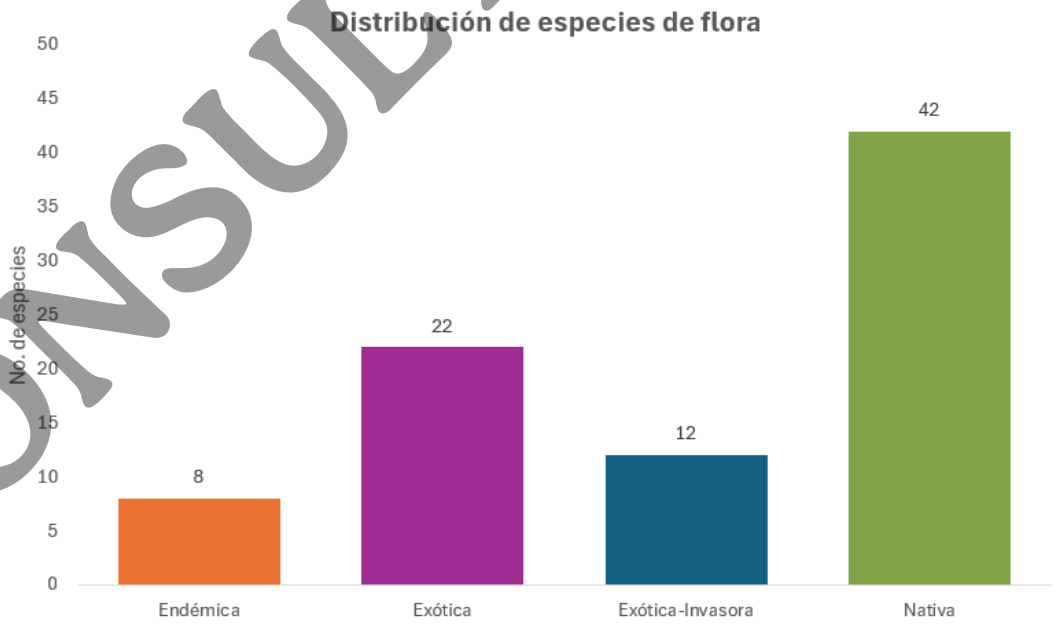


Figura III.262. **Distribución de las especies en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.228. **Especies endémicas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia.**

No.	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo
1	Asparagaceae	*Agave rhodacantha*	maguey	Endémica
2	Clethraceae	*Clethra rosei*	canelillo	Endémica
3	Fabaceae	*Erythrina americana*	alcaparra	Endémica
4	Convolvulaceae	*Ipomoea lambii*		Endémica
5	Pinaceae	*Pinus gordoniana*	pino albellano	Endémica
6	Pinaceae	*Pinus greggii*	ocote chino	Endémica
7	Pinaceae	*Pinus maximartinezii*	pino azul	Endémica
8	Asteraceae	*Verbesina fastigiata*	tabaco amarillo	Endémica

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las especies de flora reportadas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros, 4 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 2 spp. como sujetas a protección especial (Pr), 1 spp. en peligro de extinción (P) y 1 spp. como amenazada (A), mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.229. **Especies de flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie	Nombre común	Endemismo
Sujeta a Protección especial (Pr) 2 especies	*Cedrela odorata*	cedro colorado	Nativa
	Cupressus lusitanica	cedro blanco	Nativa
En peligro de extinción (P) 1 especie	*Pinus maximartinezii*	pino azul	Endémica
Amenazada (A) 1 especie	*Erythrina americana*	alcaparra	Endémica

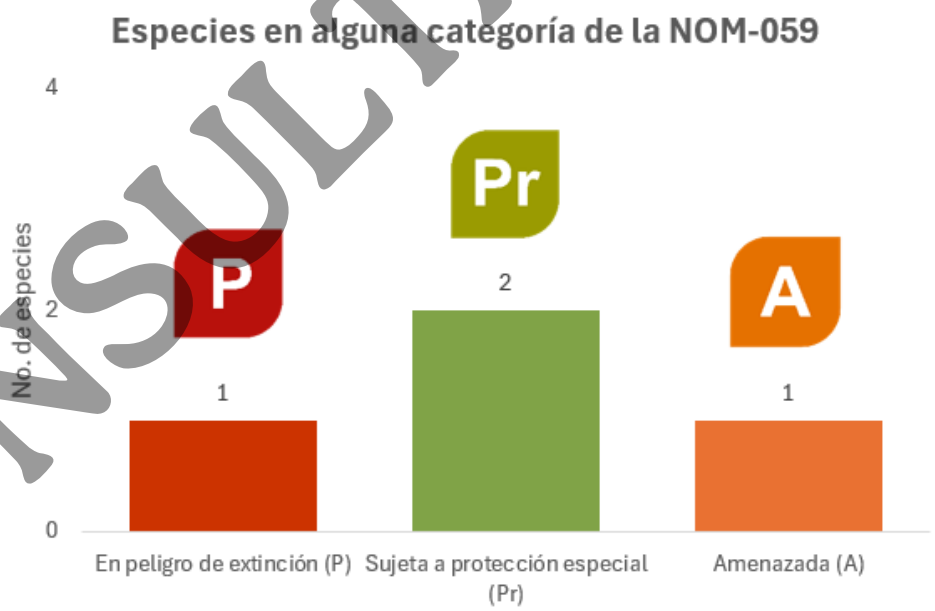


Figura III.263. **Flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



Diversidad de fauna

Para el área del Parque Ecológico Municipal se reportan un total de 44 especies de fauna silvestre incluyendo el grupo de los reptiles, aves y mamíferos, cabe destacar que en estudio citado no se registró la presencia de especies de anfibios. De las especies totales, las aves son el grupo más diverso contando con 35 especies (80% del total de especies), seguido de los mamíferos con 6 spp. (14%), y finalmente los reptiles con 3 spp. (7%).

- **Mamíferos**

Se registraron 6 especies pertenecientes a 4 órdenes y 5 familias, todas nativas excepto *Oryctolagus cuniculus* y *Mus musculus* que son exóticas-invasoras. La presencia de otras especies como *Sciurus aureogaster, Otospermophilus variegatus, Didelphis virginiana* y *Mephitis macroura* se ve favorecida ya que sus requerimientos para la supervivencia son bajos, así como la alta plasticidad en su dieta. También se reportó la presencia de especies ferales como *Felis catus* (gato doméstico) que podría causar estragos en las poblaciones de aves, roedores y algunos reptiles.

- **Aves**

Para este grupo fueron reportadas 35 especies repartidas en 5 ´órdenes y 17 familias, donde 27 de estas son nativas, 2 son exóticas-invasoras y 6 cuentan con algún grado de endemismo (semiendémica, cuasiendémica y endémica). Las aves se ven especialmente favorecidas por el arbolado de la zona, así como el acceso a fuentes de agua y la baja presión antropogénica por parte de los visitantes.

- **Reptiles**

Se registraron únicamente 3 especies de reptiles pertenecientes a 3 familias, dos de estas son lagartijas (*Sceloporus albiventris* y *Aspidoscelis gularis*) y la especie restante es una culebra (*Indotyphlops braminus*). De las especies que integran este grupo, una es nativa, otra es endémica y finalmente una es exótica-invasora. Ninguna de estas especies se encuentra en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

CONSULTA PÚBLICA



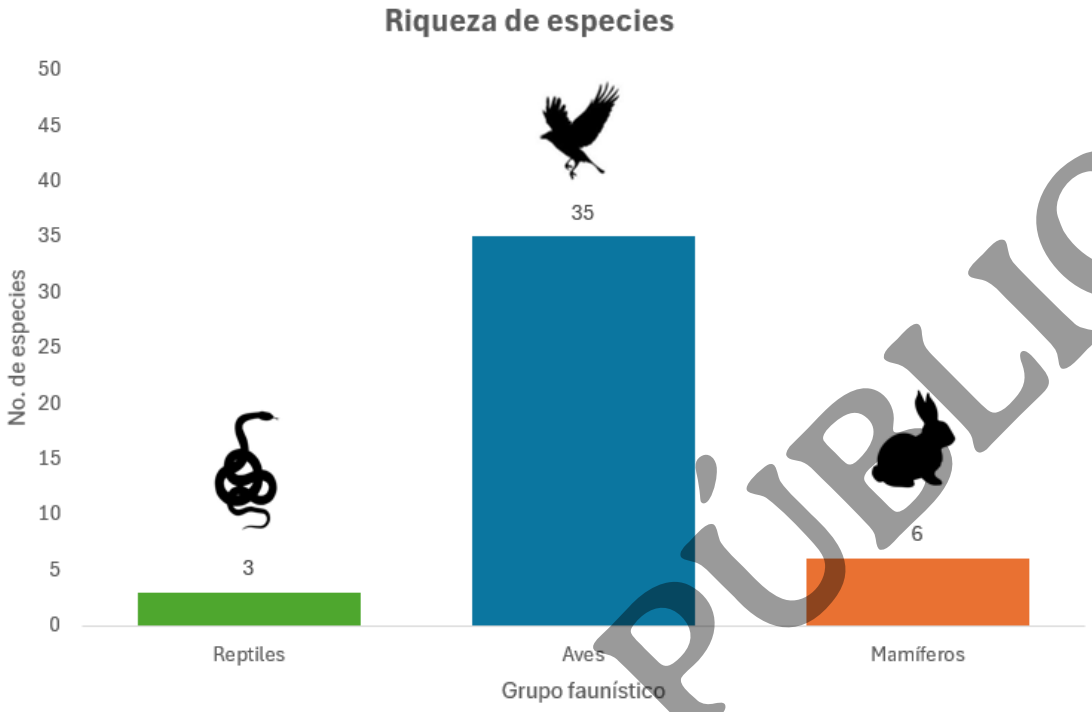


Figura III.264. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros.**

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las 44 especies de fauna silvestre reportadas en el ETJ para la Declaratoria de Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros (2020) ninguna se encuentra en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.Es importante destacar que en este estudio no se reportó la presencia de anfibios, sin embrago el listado potencial de fauna del área contempla la posible presencia de 13 especies de anfibios, incluyendo a la rana del Altiplano (*Lithobates neovolcanicus*) y la salamandra (*Pseudoeurycea belli*) que se encuentran catalogadas como amenazadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especies endémicas

De las 44 especies de fauna silvestre reportadas, 32 son nativas, 7 presentan algún endemismo y 5 especies son exóticas-invasoras.

CONSULTA PÚBLICA



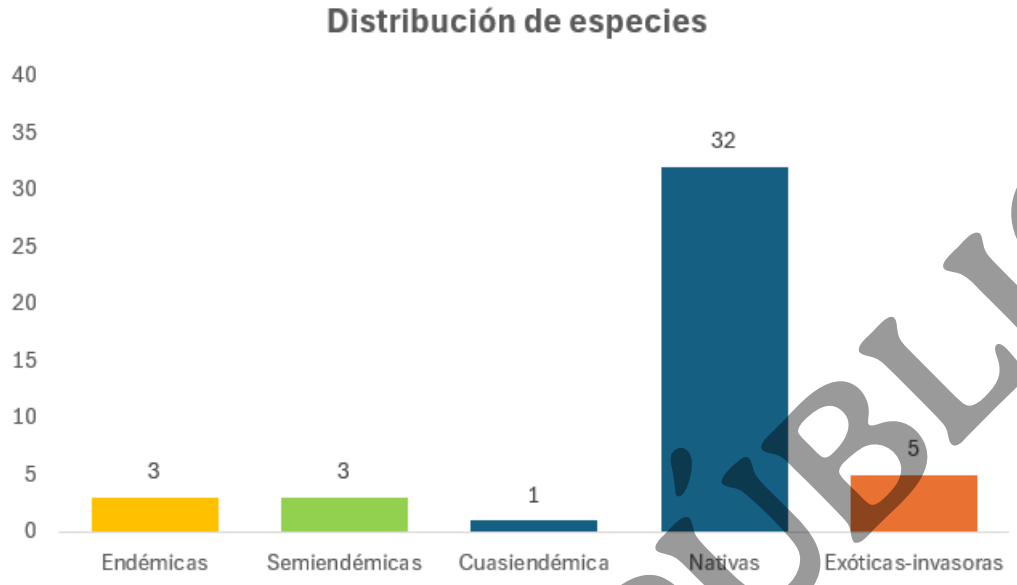


Figura III.265. **Distribución de las especies de fauna silvestre en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros.**

De las 7 especies que presentan distribución restringida al país, 3 son endémicas, 3 son semiendémicas y 1 spp. es cuasiendémica. Del total, una especie corresponde al grupo de los reptiles y 6 especies corresponden al grupo de las aves, mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.230. **Especies endémicas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Endemismo
Reptiles	*Sceloporus albiventris*	lagartija espinosa vientre blanco	Endémica
Aves	Ramosomyia violiceps	colibrí corona violeta	Semiendémica
	Tyrannus vociferans	tirano chibiú	Semiendémica
	Turdus rufopalliatus	mirlo dorso canela	Endémica
	Momotus mexicanus	momoto corona canela	Cuasiendémica
	Melanotis caerulescens	mulato azul	Endémica
	Cynanthus latirostris	colibrí pico ancho	Semiendémica

CONSULTA PÚBLICA



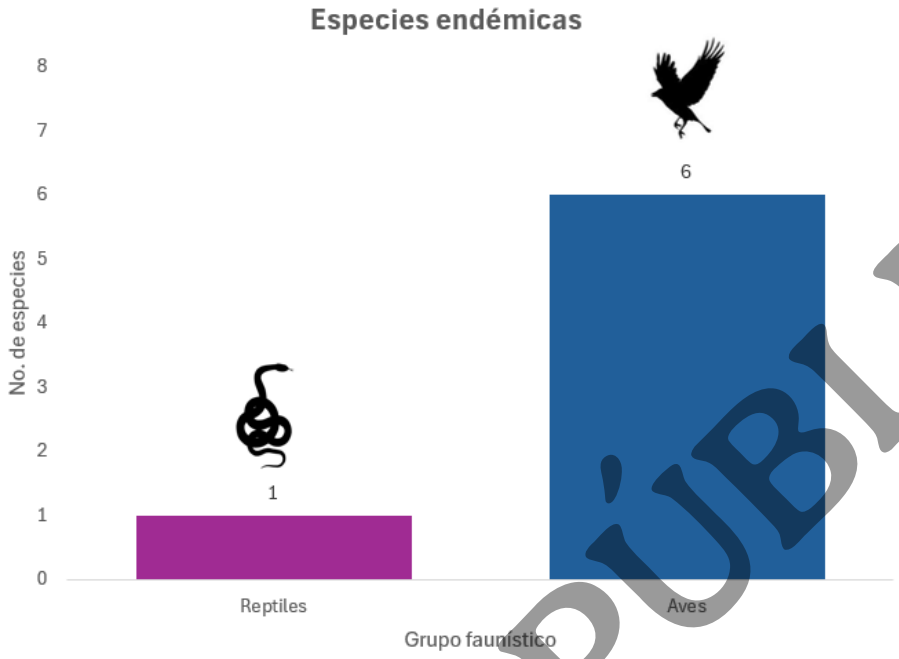


Figura III.266. **Especies endémicas del Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros.**

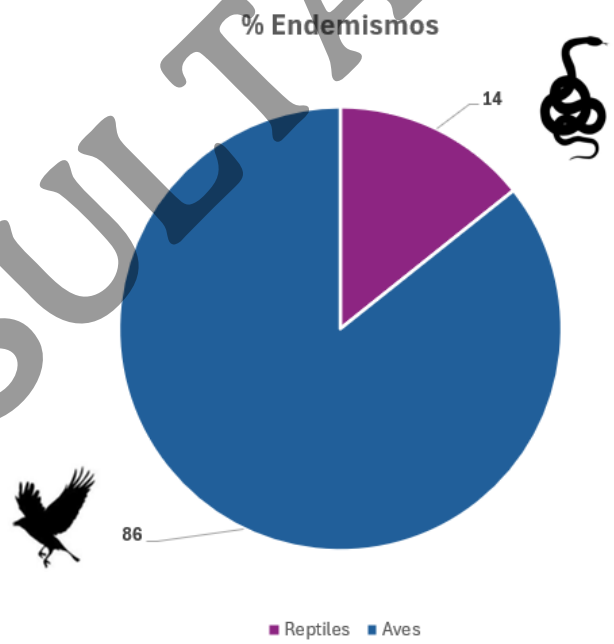


Figura III.267. **Porcentaje de especies endémicas en el Parque Ecológico Municipal Eca Do Queiros.**

CONSULTA PÚBLICA

d) Área Natural Protegida Municipal Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro

El Área Natural Protegida Municipal Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro se ubica en el municipio de Zapopan, Jalisco, delimitado por fraccionamientos y vialidades como La Cañada, San Isidro, Mesa Colorada, Rancho Colorado, Mesa de los Ocotes Norte y Sur, Lomas de San Miguel, Lomas del Centinela, Cabañitas y Lomas del Vergel. Presenta clima principalmente cálido subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano, donde la temperatura oscila entre los 5.4 y 35°C, teniendo una media de 23.5°C, mientras que la precipitación media anual es de 906.1mm, ocurriendo las lluvias principalmente entre los meses de junio a octubre.

El Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro funciona como un espacio para actividades recreativas y sociales, además como bosque urbano permite la conservación de la biodiversidad, brinda servicios como la regulación del clima, captación de humedad, filtración de agua, recarga de mantos freáticos, protección contra el viento, polvo, malos olores y aire contaminado, aporte de oxígeno y captura de carbono.

Los tipos de vegetación que encontramos en el Bosque El Centinela son bosque inducido, vegetación secundaria, bosque de encino, bosque de galería y selva baja caducifolia, además, al paisaje también lo integran el área urbana, así como los caminos y terracerías.

Diversidad de flora

Los tipos de vegetación que encontramos en el Bosque El Centinela son bosque inducido, vegetación secundaria, bosque de encino, bosque de galería y selva baja caducifolia, además, al paisaje también lo integran el área urbana, así como los caminos y terracerías.

De las especies registradas, las más representativas, al contabilizar más de 300 individuos cada una, fueron *Eucalyptus camaldulensis, Heliocarpus terebinthinaceus* y *Quercus resinosa.* Otras especies registraron más de 100 individuos cada una como *Eucalyptus sp., Acacia penatula* y *Casuarina equisetifolia,* mientras que de *Eysenhardtia polystachya, Lysiloma acapulcense, Jacaranda mimosifolia* y *Diphysa suberosa* existen entre 30 y 60 individuos de cada una, por otro lado, el resto de las especies registraron menos de 10. De los individuos arbóreos se reportó que un 58% cuenta con un estado de salud buena o aceptable, mientras que el 6% tiene un estado de salud excelente.

Para el resto de los estratos de la vegetación no se ha recabado información por parte del gobierno de Zapopan, sin embargo, fue consultada la colección científica del Herbario Luz María Villareal de Puga (IBUG), del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, de donde se obtuvo un listado florístico para el área. De éste, se registraron alrededor de 253 plantas vasculares dentro de 63 familias botánicas, donde las más representativas son Asteraceae (48 especies), Fabaceae (26 spp.), Solanaceae (15 spp.) y Apocynaceae (12 spp.). Asimismo, se reportaron 12 especies exóticas, 9 cultivadas, 76 endémicas y 6 que crecen únicamente en Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA



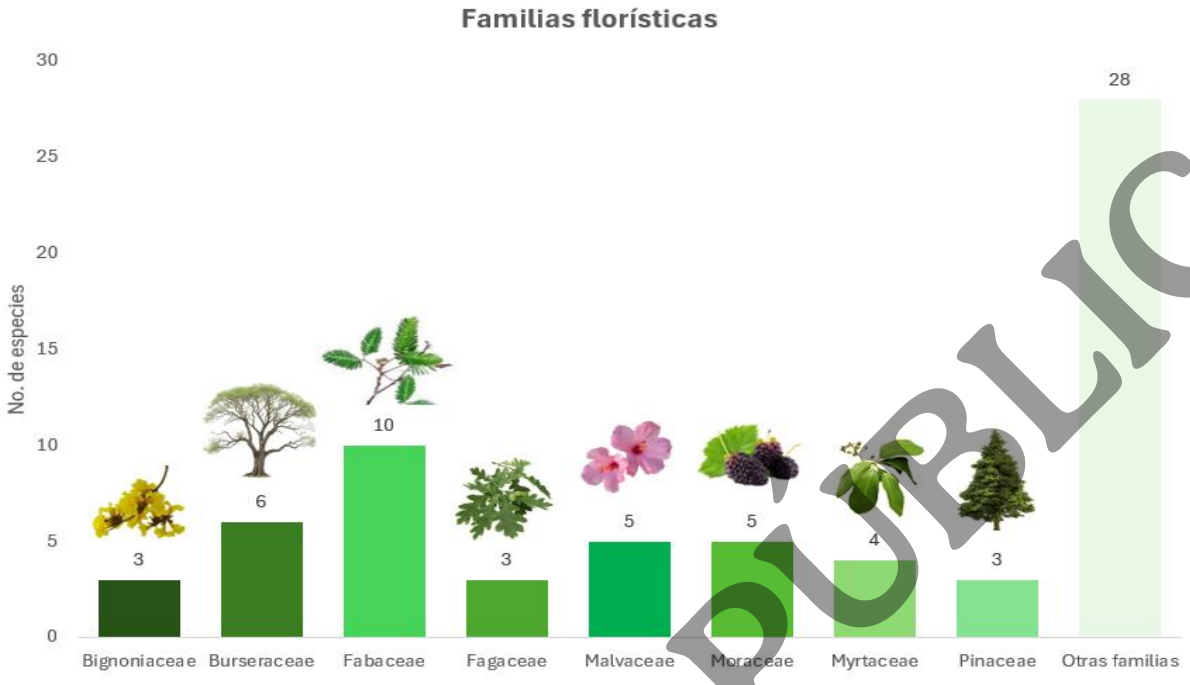


Figura III.268. **Familias florísticas del estrato arbóreo reportadas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

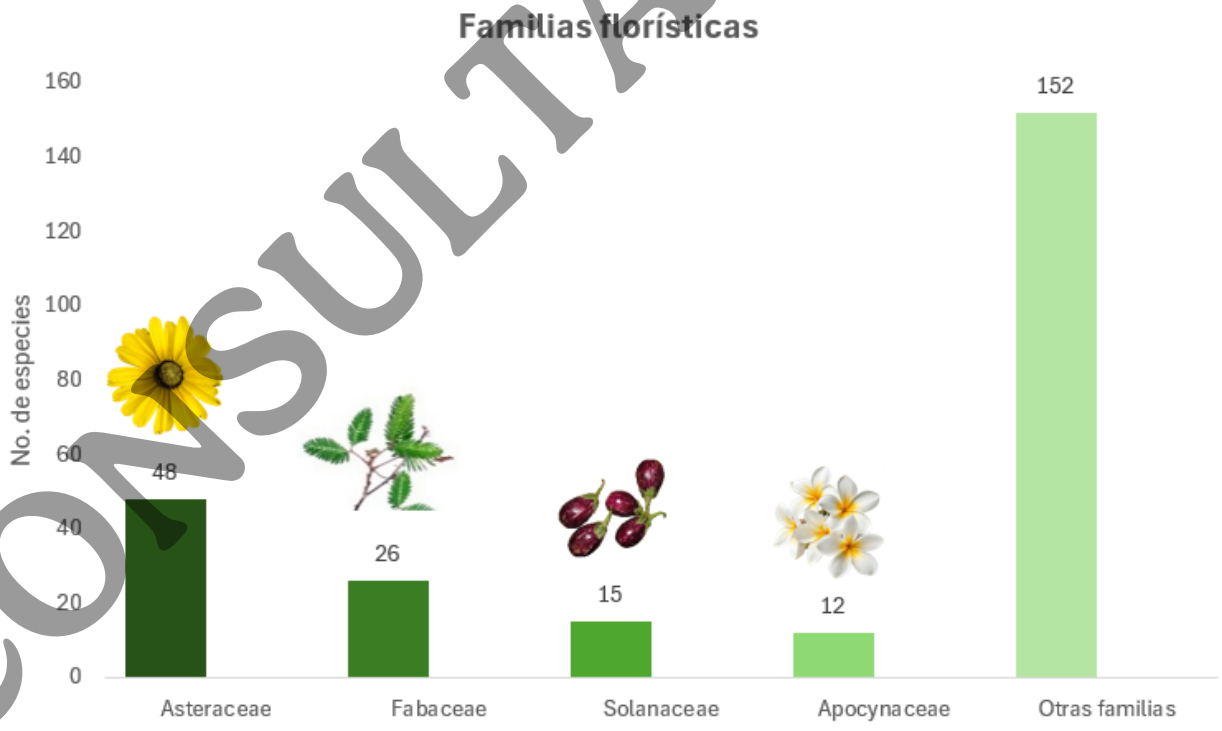


Figura III.269. **Familias florísticas de acuerdo con el IBUG reportadas para el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA



De acuerdo con las especies arbóreas reportadas en el ETJ para la Declaratoria del Área Natural Protegida Municipal Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro, se reportan 33 especies nativas, 4 exóticas-invasoras, 6 especies exóticas y 15 spp. endémicas, mientras tanto, 6 de las especies registradas permanecen sin clasificación de distribución ya que se identificaron hasta el nivel taxonómico de género.

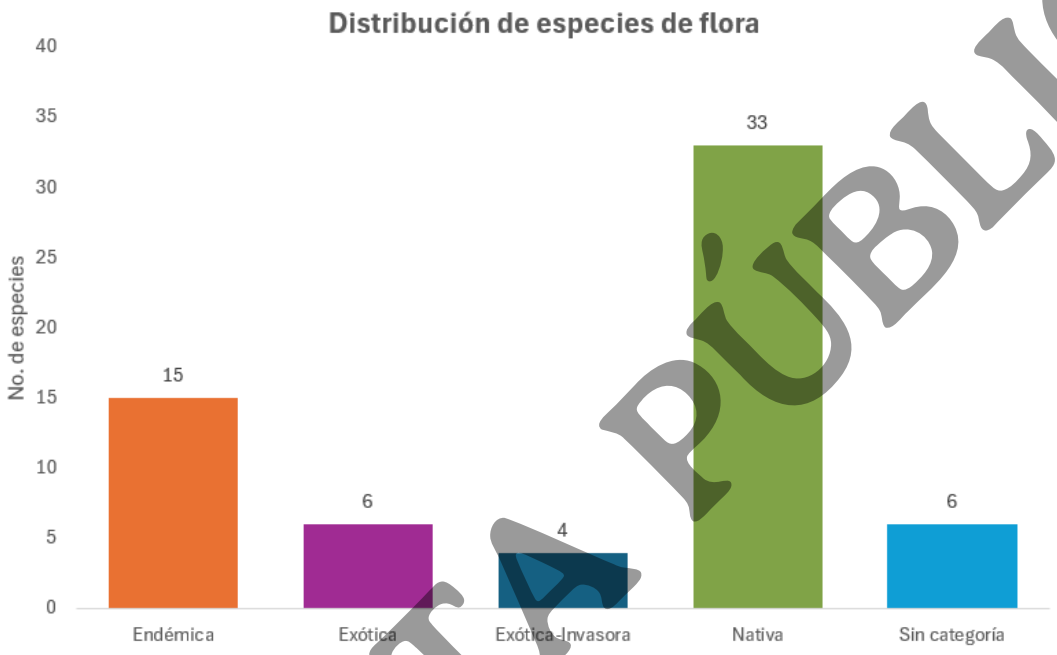


Figura III.270. **Distribución de las especies en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

Tabla III.231. **Especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

No.	Familia	Especie	Nombre común	Endemismo
1	Pinaceae	*Pinus gordoniana*	ocote	Endémica
2	Annonaceae	*Annona longiflora*	anona silvestre	Endémica
3	Burseraceae	*Bursera citronella*	copalillo	Endémica
4	Burseraceae	*Bursera palmeri*	copal	Endémica
5	Burseraceae	*Bursera penicillata*	aceitillo	Endémica
6	Apocynaceae	*Cascabela thevetioides*	cabrito	Endémica
7	Clethraceae	*Clethra rosei*	canelo	Endémica
8	Fabaceae	*Diphysa suberosa*	hormiguillo	Endémica
9	Moraceae	*Ficus petiolaris*	amate amarillo	Endémica
10	Fouquieriaceae	*Fouquieria formosa*	cascabelillo	Endémica
11	Fagaceae	*Quercus (Quercus) magnoliifolia*	encino amarillo	Endémica
12	Fagaceae	*Quercus (Quercus) resinosa*	encino	Endémica
13	Lamiaceae	*Vitex mollis*	aceitunillo	Endémica
14	Lamiaceae	*Vitex pyramidata*	ahuilote	Endémica
15	Melanthiaceae	*Schoenocaulon jaliscense*		Endémica

CONSULTA PÚBLICA

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las especies de flora reportadas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro, 2 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 1 spp. como sujetas a protección especial (Pr) y 1 spp. como amenazada (A), mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.232. **Especies de flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie	Nombre común	Endemismo
Sujeta a Protección especial (Pr) 1 especie	*Schoenocaulon jaliscense*	N/A	Endémica
Amenazada (A) 1 especie	*Sideroxylon capiri*	capiro	Nativa

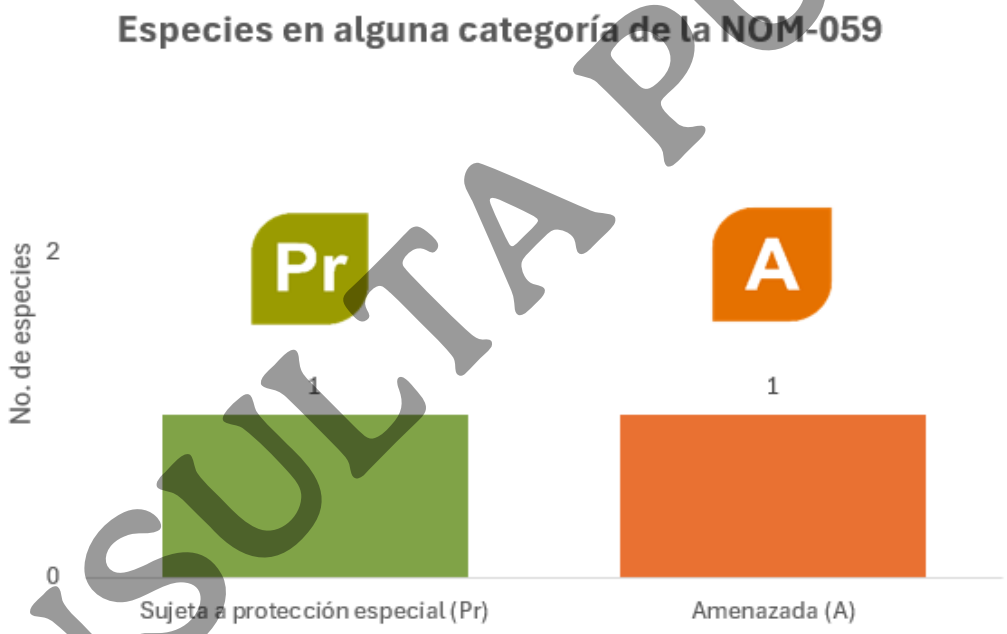


Figura III.271. **Flora registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Diversidad de fauna

Para el área del Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro se reportan un total de 69 especies de fauna silvestre incluyendo el grupo de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos. De las especies totales, las aves son el grupo más diverso contando con 43 especies (62% del total de especies), seguido de los mamíferos con 21 spp. (30%), los reptiles con 4 spp. (6%) y finalmente los anfibios reportando una única especie (*Lithobates berlandieri neovolcanicus*) y alcanzando apenas el 1% del porcentaje total.

CONSULTA PÚBLICA

- **Anfibios**

En este grupo faunístico se reportó únicamente a la especie *Lithobates berlandieri neovolcanicus* perteneciente a la familia Ranidae, se trata de una especie endémica de México que además se encuentra en la categoría de Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **Reptiles**

Se registraron únicamente 4 especies de reptiles pertenecientes a 4 familias, todas estas son lagartijas. De las especies que integran este grupo, una es nativa, y 3 son endémicas, una de estas (*Ctenosaura pectinata*) en la categoría de Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **Aves**

Para este grupo fueron reportadas 43 especies repartidas en 23 familias, donde 34 de estas son nativas, 3 son exóticas-invasoras y 6 cuentan con algún grado de endemismo (semiendémica, cuasiendémica y endémica).

- **Mamíferos**

Se registraron 21 especies pertenecientes a 14 familias, todas nativas excepto 2 especies que se quedaron sin clasificación de distribución y/o endemismo debido a que lograron identificarse hasta el nivel taxonómico de género.

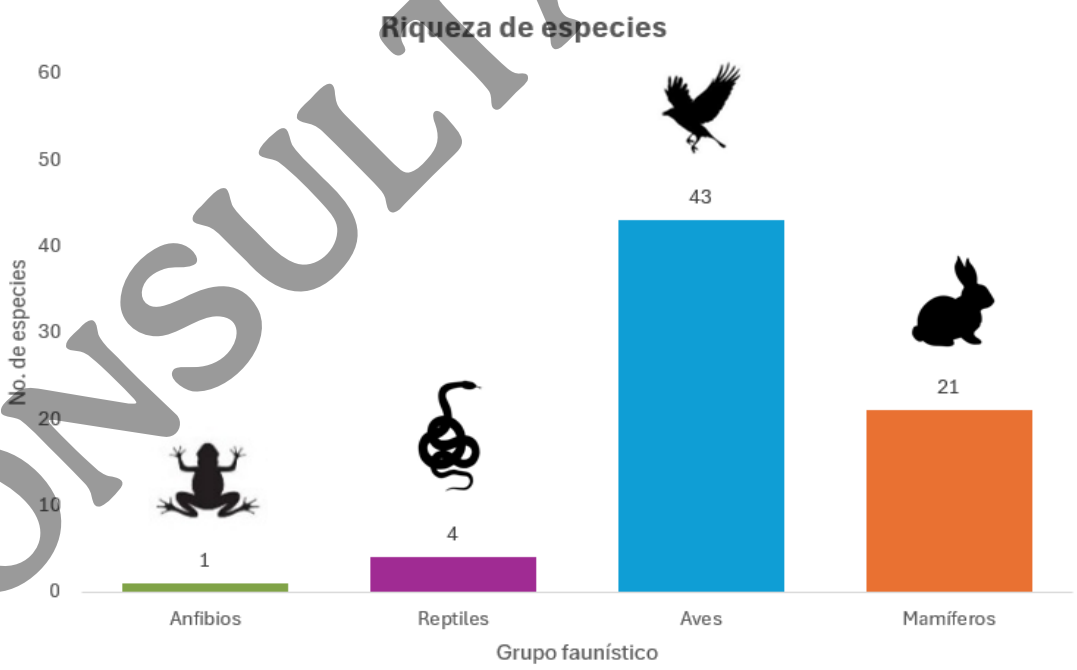


Figura III.272. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las 69 especies de fauna silvestre reportadas en el ETJ para la Declaratoria del Área Natural Protegida Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro (2026) 4 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de éstas, una especie está Sujeta a protección especial (Pr), 2 están en la categoría de Amenazadas (A) y una se encuentra En peligro de extinción (P), mismas que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla III.233. **Especies Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Categoría de riesgo
Anfibios	*Lithobates berlandieri neovolcanicus*	rana leopardo neovolcánica	Amenazada (A)
Aves	*Ara militaris*	guacamaya verde	En peligro de extinción (P)
	Eupsittula canicularis	perico frente naranja	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptiles	*Ctenosaura pectinata*	iguana mexicana de cola espinosa	Amenazada (A)

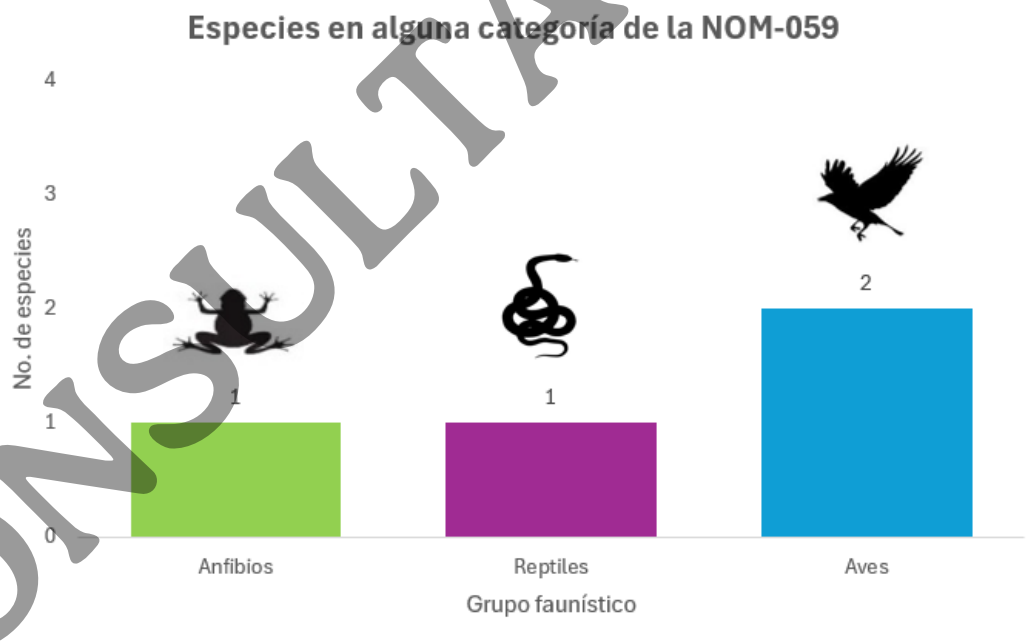


Figura III.273. **Fauna registrada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

Especies endémicas

De las 69 especies de fauna silvestre reportadas, 54 son nativas, 10 presentan algún endemismo y 3 especies son exóticas-invasoras.

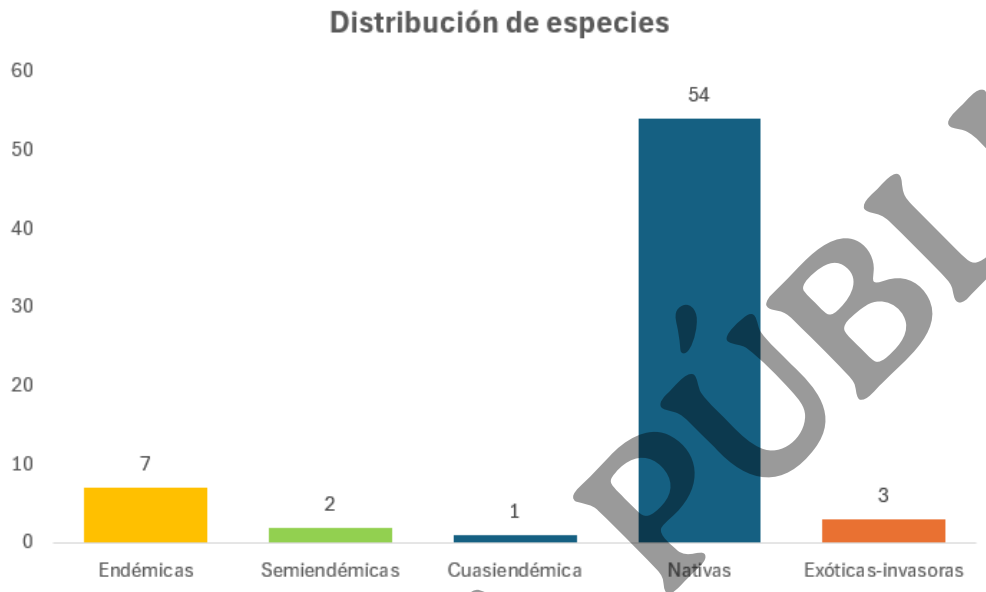


Figura III.274. **Distribución de las especies de fauna silvestre en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

De las 10 especies que presentan distribución restringida al país, 7 son endémicas, 2 son semiendémicas y 1 spp. es cuasiendémica. Del total, una especie corresponde al grupo de los anfibios, 3 son reptiles y 6 pertenecen al grupo de las aves, mismas que se representan en la tabla a continuación.

Tabla III.234. **Especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	Endemismo
Anfibios	*Lithobates berlandieri neovolcanicus*	rana leopardo neovolcánica	Endémica
Reptiles	*Cynanthus latirostris*	colibrí pico ancho	Semiendémica
	Melanotis caerulescens	mulato azul	Endémica
	Melozone kieneri	rascador nuca canela	Endémica
Aves	*Momotus mexicanus*	momoto corona canela	Cuasiendémica
	Ramosomyia violiceps	colibrí corona violeta	Semiendémica
	Turdus rufopalliatus	mirlo dorso canela	Endémica
	Anolis nebulosus	abaniqillo de Simmons	Endémica
	Ctenosaura pectinata	iguana mexicana de cola espinosa	Endémica
	Sceloporus torquatus	lagartija escamosa barrada	Endémica

CONSULTA PÚBLICA

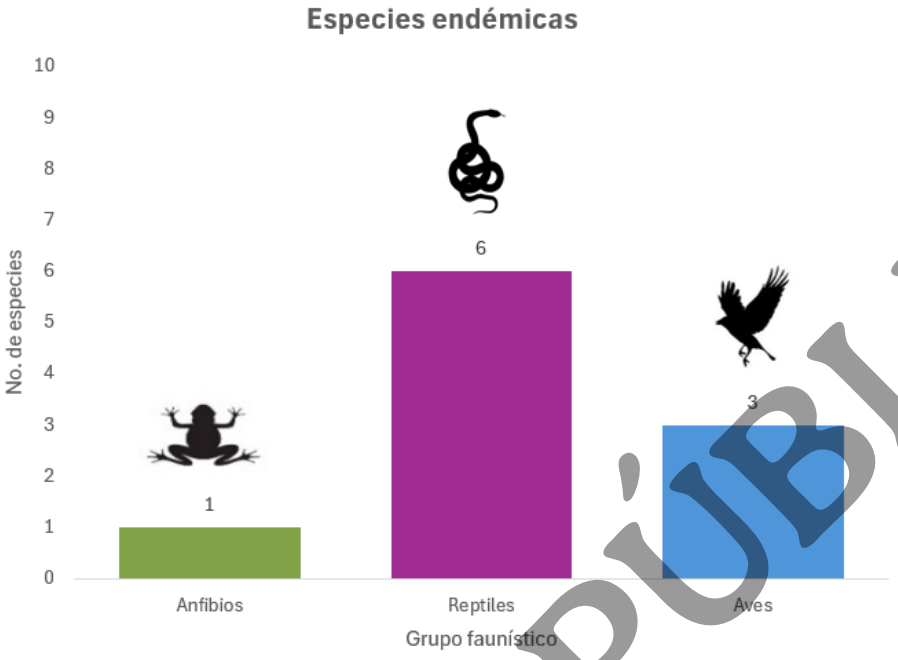


Figura III.275. **Especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Elaboración propia.**

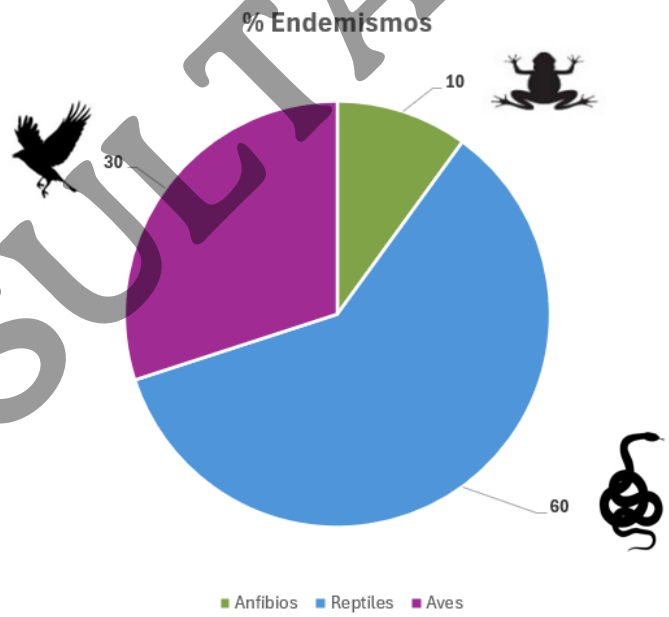


Figura III.276. **Porcentaje de especies endémicas en el Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro.**

CONSULTA PÚBLICA

e) Área Natural Protegida Bosque Los Colomos

En junio de 2007 el Bosque Los Colomos (BLC) fue declarado como Área Natural Protegida, bajo la categoría de manejo de Área Municipal de Protección Hidrológica, por decreto del Congreso del Estado de Jalisco (decreto No. 21856/LVIII/07 en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco), contando con una extensión de 93.29 hectáreas.

- **Tipos de vegetación**

Los tipos de vegetación que encontramos en el BLC son Bosque de Galería, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Bosque Espinoso, vegetación secundaria, vegetación flotante y Comunidad de *Rorippa* y *Polygonum*. En el municipio de Zapopan se identificaron 57 especies en 35 familias, predominantemente especies de vegetación riparia y secundaria, mientras que para el municipio de Guadalajara en el área del BLC predominan cinco tipos de vegetación nativa, con 17 especies arbóreas y 248 especies herbáceas y arbustivas. Además de las especies nativas, encontramos especies exóticas de árboles, arbustos y herbáceas, que han sido introducidas por procesos de movilidad natural o por acción del hombre.

- **Flora arbórea**

En el Bosque Los Colomos la flora arbórea reporta 88 especies distribuidas en tres clases: Pinopsida, Liliopsida y Magnoliopsida. De la diversidad de flora en el BLC destacan las familias Fabaceae y Myrtaceae al ser las mejor representadas por su número de especies. En cuanto a los géneros con más especies son *Eucalyptus* y *Pinus*.

Tabla III.235. **Flora arbórea del Bosque Los Colomos. Elaboración propia.**

Clases	Familias	Géneros	Especies
Pinopsida	4	6	12
Magnoliopsida	28	56	74
Liliopsida	1	2	2
Total	**33**	**64**	**88**

Tabla III.236. **Familias más diversas en especies del estrato arbóreo en el BLC. Elaboración propia.**

Familia	Especies
Fabaceae	12
Myrtaceae	9
Pinaceae	7
Bignoniaceae	5
Rutaceae	5
Total	**38**

CONSULTA PÚBLICA



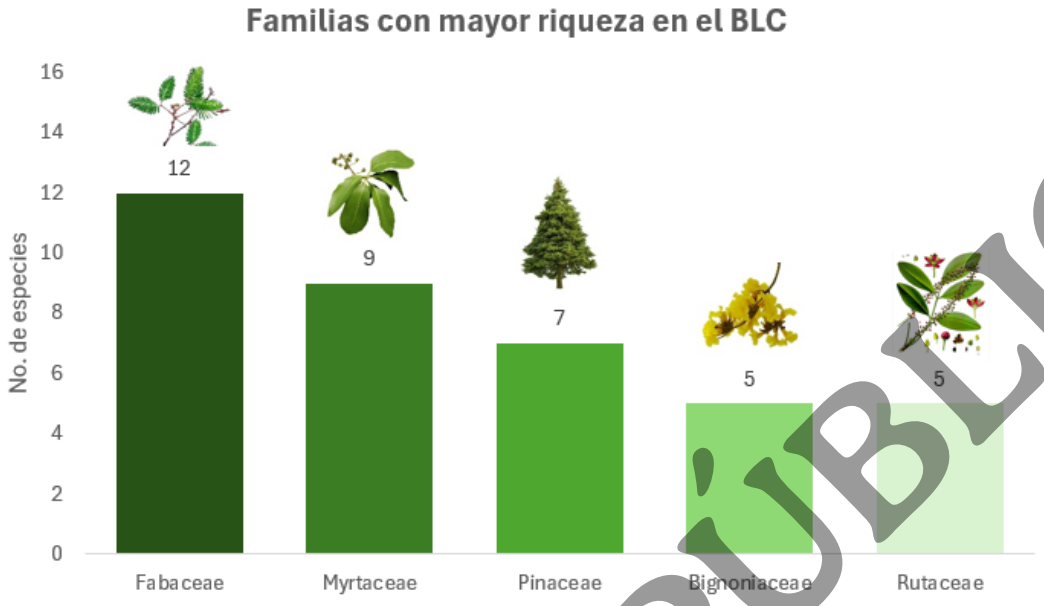


Figura III.277. **Familias con mayor riqueza del estrato arbóreo en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia.**

- **Flora herbácea y arbustiva**

La diversidad de especies herbáceas y arbustivas alcanza las 248 especies representadas por los helechos, los equisetos y las plantas con flor. Las familias que destacan por su número de especies son Asteraceae, Poaceae y Fabaceae. En tanto que los géneros más representativos son *Solanum, Cyperus, Adiantum, Bletia, Chloris, Desmodium, Salvia, Cheilanthes, Commelina, Conyza, Dalea, Eupatorium, Euphorbia, Gnaphalium, Habenaria, Ipomoea* y *Paspalum.*

Tabla III.237. **Familias más diversas en especies del estrato arbustivo y herbáceo en el BLC. Elaboración propia.**

Familia	No. especies
Asteraceae	49
Poaceae	25
Fabaceae	14
Solanaceae	14
Orchidaceae	11
Euphorbiaceae	9
Adiantaceae	8
Lamiaceae	8
Rubiaceae	7
Cyperaceae	6
Amaranthaceae	6
Commelinaceae	6

CONSULTA PÚBLICA





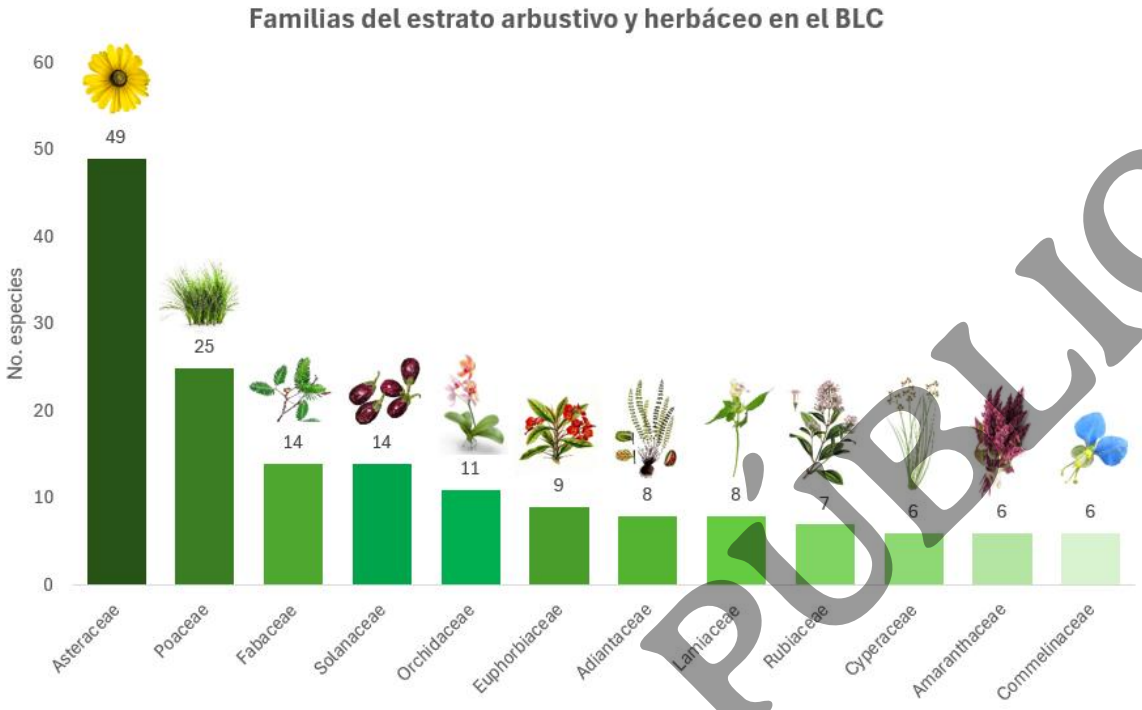


Figura III.278. **Familias con mayor riqueza del estrato arbustivo y herbáceo en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia.**

Tabla III.238. **Géneros más diversos en especies del estrato arbustivo y herbáceo en el BLC. Elaboración propia.**

Género	No. especies
Solanum	7
Cyperus	5
Adiantum	4
Bletia	4
Chloris	4
Desmodium	4
Salvia	4
Cheilanthes	3
Commelina	3
Conyza	3
Dalea	3
Eupatorium	3
Euphorbia	3
Gnaphalium	3
Habenaria	3
Ipomoea	3
Paspalum	3

CONSULTA PÚBLICA



- **Fauna**

El Bosque Los Colomos representa un área prioritaria para la protección de la fauna dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) ya que dentro de la riqueza específica, se encontraron 10 especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 6 son endémicas de México, en tanto que otras 42 especies se registraron por primera vez en la ZMG. La diversidad de especies en el BLC representa el 19.7% de los vertebrados en el estado de Jalisco.

Con base en estudios realizados en el Bosque Los Colomos se obtuvieron los siguientes resultados por grupo faunístico. Para los anfibios se registraron 6 especies, 15 son reptiles, 141 son aves y 16 son mamíferos, resultando en una riqueza total de 178 especies de fauna en el BLC. De éstas, 6 son endémicas de México y 10 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla III.239. **Diversidad de fauna en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Orden	Familia	Género	Especie	Endemismo	NOM-059-SEMARNAT-2001	
						A	Pr
Anfibios	1	3	4	6	2	1	0
Reptiles	2	8	14	15	0	2	2
Aves	10	28	90	141	4	2	3
Mamíferos	5	7	13	16	0	0	0
Total	**18**	**46**	**121**	**178**	**6**	**5**	**5**

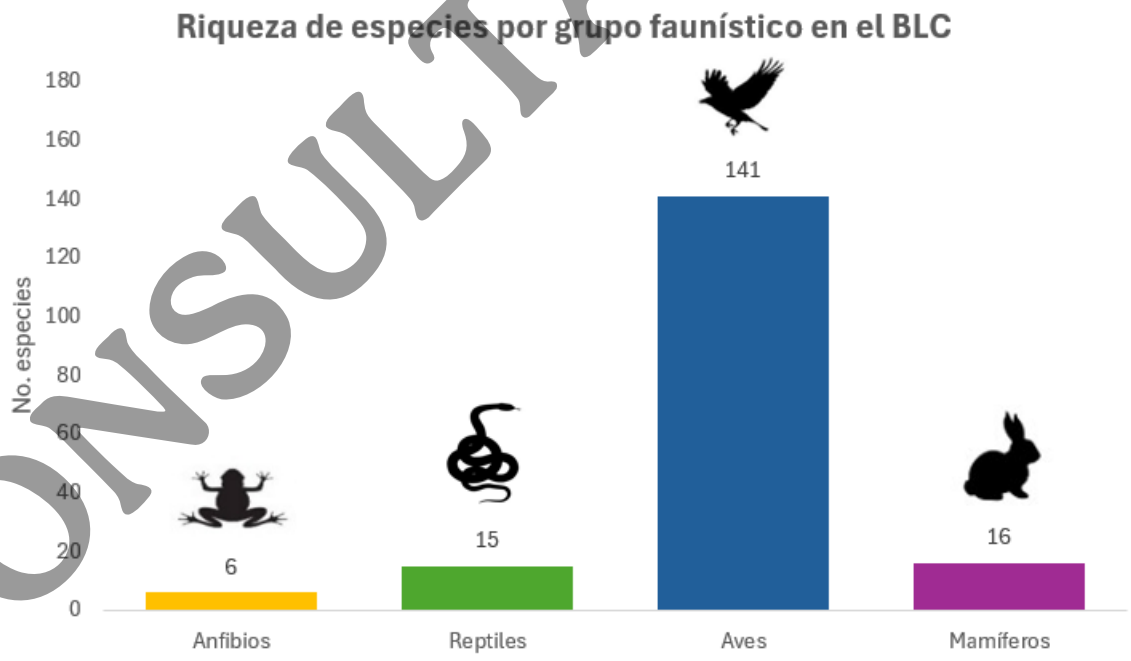


Figura III.279. **Riqueza de especies por grupo faunístico en el Bosque Los Colomos. Elaboración propia.**

CONSULTA PÚBLICA

- **Anfibios y reptiles**

Para estos grupos, en el BLC se registraron un total de 21 especies, 6 son anfibios y 15 son reptiles, pertenecientes a 3 y 8 familias respectivamente. De estas especies, 3 se encuentran en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 2 como Amenazadas (A), que son *Lithobates berlandieri neovolcanicus* (rana leopardo neovolcánica) y *Ctenosaura pectinata* (iguana espinosa mexicana), así como *Elgaria kingii* (lagarto de montaña) como Sujeta a protección especial (Pr).

Tabla III.240. **Especies de anfibios y reptiles bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el BLC. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	NOM-059	Endemismo
Anfibios	*Lithobates berlandieri neovolcanicus*	Rana leopardo neovolcánica	Amenazada (A)	Endémica
Reptiles	*Elgaria kingii*	Lagarto de montaña	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica
	Ctenosaura pectinata	Iguana espinosa mexicana	Amenazada (A)	Endémica

De la riqueza de anfibios, las especies *Eleutherodactylus nitidus* (Rana fisgona deslumbrante), *Craugastor occidentalis* (Rana costeña) y *Lithobates berlandieri neovolcanicus* (Rana leopardo neovolcánica) resultaron ser las más abundantes.

- **Aves**

Se tiene registro de 141 especies reportadas en el Bosque Los Colomos, indicando que el bosque es un importante refugio para la avifauna de la ciudad, también alberga a más de la mitad de las especies reportadas en la región (55.7%).

Las especies migratorias más importantes son *Passerina cyanea* y *Vermivora celata*, asimismo, también encontramos especies depredadoras que cumplen funciones ecológicas y que además indican que las condiciones en el BLC son favorables para la permanencia de fauna del lugar, tales como *Astur coopperi, Accipiter striatus, Buteo jamaicensis* y *Strix virgata.*

De las 4 especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 3 Sujetas a protección especial (Pr), que son *Astur cooperii, Eupsittula canicularis* y *Accipiter striatus,* así como *Amazona finschi* en peligro de extinción (P).

Tabla III.241. **Especies de aves bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el BLC. Elaboración propia.**

Grupo faunístico	Especie	Nombre común	NOM-059	Endemismo
Aves	*Astur cooperii*	gavilán de Cooper	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica
	Eupsittula canicularis	perico frente naranja	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica
	Accipiter striatus	gavilán pecho canela	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica
	Amazona finschi	loro corona lila	En peligro de extinción (P)	Endémica

CONSULTA PÚBLICA



- **Mamíferos**

Finalmente, en el grupo de los mamíferos hay registro de 16 especies pertenecientes a 13 géneros, distribuidos en 7 familias. De éstas, cabe destacar que ninguna se encuentra en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni presentan algún tipo de endemismo.

De este grupo faunístico, los roedores cuentan con 5 especies silvestres y 2 introducidas (*Rattus rattus* y *Mus musculus*), por otro lado, el grupo Chiroptera (murciélagos) registra 6 especies, mientras que los órdenes Carnívora, Lagomorpha y Didelphimorphia registraron una especie cada uno. Las especies de murciélagos registrados son principalmente frugívoros (*Artibeus intermedius, A. jamaicensis, Sturnira lilium* y *S. ludovici*), mientras que *Glossophaga soricina* y *Macrotus waterhousii* son especies nectarívora/polinívora e insectívoras respectivamente.

Las especies más comunes en el BLC son tlacuaches (*Didelphis virginiana*), ardillas de árbol y terrestres (*Sciurus aureogaster* y *Otospermophilus variegatus*), conejos (*Sylvilagus floridanus*) y roedores como *Reithrodontomys fulvescens.*

Además de albergar gran diversidad de especies de flora y fauna, el Bosque Los Colomos funge como refugio y sitio de reproducción de diversas especies de mamíferos como los murciélagos, mientras que representa un sitio de encuentro para las especies de aves residentes y migratorias que llegan a nuestro país. Por otro lado, el BLC cuenta con secciones o rodales para la protección y rehabilitación de los anfibios, además representa el área forestal más importante en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

En contraste, la introducción de especies exóticas y la fragmentación y eliminación del hábitat local representan los principales riesgos a los que se enfrenta el Bosque Los Colomos, puesto que afecta la presencia de especies, su abundancia, densidad y diversidad.

f) Área Natural Protegida Parque Agua Azul

El Parque Agua Azul se consolidó en las primeras décadas del siglo XX, entre 1946 y 1952, debido a las necesidades urbanas y los cambios que experimentó la ciudad, representando un papel importante como eje de la urbanización temprana de Guadalajara (Navarro, 2025). Además, el parque destaca por su aporte en el abastecimiento de agua para usos diversos y contribuye significativamente al fortalecimiento de la convivencia y el establecimiento de vínculos sociales entre distintos sectores de la población (Sánchez-García, 2026). El parque también fue sede de las Fiestas de Octubre en 1965 y aquí se estableció el primer Zoológico de Guadalajara (Silva y Angulo, 2021).

Biodiversidad

- **Fauna**

El parque cuenta con 84 especies de aves de vida libre, además de las especies de psitácidos en la UMA del parque, que se encuentra en funcionamiento desde 1992. También

CONSULTA PÚBLICA



están registradas 8 especies de mamíferos conformados principalmente por tlacuaches, ardillas y murciélagos y 4 sp. de reptiles (Agencia Metropolitana de Guadalajara, 2024).

Dentro del mariposario se pueden encontrar especies como *Danaus plexippus* (mariposa monarca), *Papilio cresphontes* (mariposa cometa gigante), *Leptophobia aripa* (mariposa blanca de la col) y *Battus polydamas subsp. polydamas* (mariposa cola de golondrina de borde dorado). Por otro lado, el Aviario resguarda 30 especies diferentes y 169 ejemplares, entre los que destacan las guacamayas rojas y verdes (*Ara macao* y *Ara militaris*), pericos atoleros (*Eupsittula canicularis*), patos mexicanos (*Anas diazi*) y hocofaisanes (*Crax rubra*), además de otros 64 ejemplares en condiciones de semilibertad en el Jardín de Guacamayas (Siker, 2026).

- **Flora**

En cuanto a la flora, el parque cuenta con 1,465 árboles de diversas especies distribuidos en una superficie de 10.3 hectáreas. Por su parte, en el Orquideario se resguardan 58 especies y 254 plantas, donde se incluyen variedades nativas y endémicas del país, entre ellas destacan la orquídea hormiguera (*Myrmecophila sp.*), flor de peña (*Selaginella lepidophylla*), flor de muerto (*Tagetes erecta*), orquídea pulpito (*Prosthechea cochleata*) y vainilla (*Cascabela thevetia*) (Siker, 2026).

III.8.19. Conclusiones

Si bien el proyecto incide en algunas áreas de importancia ecológica conforme a la CONABIO en temas de regionalización ambiental y sitios prioritarios para la conservación y restauración, se manifiesta que dentro del capítulo IV se identifican los impactos ambientales que pudiera tener el proyecto y se indican las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para no provocar un desequilibrio ecológico de la RE ni de las áreas colindantes. Bajo esa línea de ideas, se han diseñado una serie de medidas ambientales que enuncia los indicadores, así como los programas específicos para lograr este objetivo.

Tabla III.242. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.

CLAVE	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	SECCIÓN I KM 0+000- KM 69+400	SECCIÓN II KM 69+400 - KM 188+600	SECCIÓN III KM 188+600- KM 236+400	SECCIÓN IV KM 236+400- KM 245+500
P01	Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada	√	√	√	√
P02	Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte	√	√	√	√
P03	Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo	√	√	√	√
P04	Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra	√	√	√	√
P05	Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)	√	√	√	√
P06	Manejo integral de residuos generados en la obra	√	√	√	√
P07	Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo	√	√	√	√

CONSULTA PÚBLICA



CLAVE	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	SECCIÓN I KM 0+000- KM 69+400	SECCIÓN II KM 69+400 - KM 188+600	SECCIÓN III KM 188+600- KM 236+400	SECCIÓN IV KM 236+400- KM 245+500
P08	Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal	√	√	√	√
P09	Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles	√	√	√	√
P10	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria	√	√	√	√
P11	Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes	√	√	√	√
M01	Retiro de material excedente y reconformación topográfica	√	√	√	√
M02	Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal	√	√	√	√
M03	Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales	√	√	√	√
M04	Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo	√	√	√	√
M05	Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales	√	√	√	√
M06	Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre	√	√	√	√
M07	Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal	√	√	√	√
M08	Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre	√	√	√	√
M09	Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre	√	√	√	√
M10	Acciones de monitoreo de la calidad del Aire	√	√	√	√
M11	Caracterización de suelo en los cadenamientos km 74+500 y km 76+500 del proyecto para identificación de contaminación de cromo hexavalente por pasivo ambiental de Química Central de México.		√		
C01	Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental Zona el Bajío	√			
C02	Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental en zonas agrícolas, rurales y forestales		√	√	
C03	Cortina vegetal sobre el derecho de vía	√	√	√	
C04	Acciones de Protección y Conservación de Suelos	√	√	√	√
C05	Acciones de Manejo de Bosque y Arbolado Urbano en la zona del Bajío	√			
C06	Acciones de Compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde				√

CONSULTA PÚBLICA





III.9. MEDIO SOCIOECONÓMICO

El Área del Proyecto (AP) abarca 12 municipios que se reparten entre Guanajuato y Jalisco. El trazo del proyecto pasa por algunos de estos municipios en más de un punto.

Son 5 (cinco) municipios de Guanajuato por donde cruza el proyecto son Irapuato, León, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón y Silao de la Victoria. Por su parte, los municipios de Jalisco por los que cruzará el proyecto serán 7 (siete): Acatic, Arandas, San Diego de Alejandría, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Tonalá y Zapotlanejo

Según los datos del Censo General de Población y Vivienda de 2020, la población total que se encuentra en estos municipios es de 7,171,830 de habitantes, de los cuales 2,384,765 mujeres pertenecen a la población femenina y 3,507,866 hombres.

Tabla III.243. Municipios de incidencia dentro del Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.

Número	Guanajuato	Jalisco
1	Irapuato	Acatic
2	León de los Aldama	Arandas
3	Purísima del Rincón	San Diego de Alejandría
4	San Francisco del Rincón	San Ignacio Cerro Gordo
5	Silao de la Victoria	Tepatitlán de Morelos
6		Tonalá
7		Zapotlanejo
Total	5	7

A continuación, se presenta el análisis del medio socioeconómico por cada uno de estos estados.

III.9.1. Municipios de Guanajuato

Según el informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social (2025), la población en situación de pobreza de la entidad federativa muestra que el 33.0% está en situación de pobreza, el 29.8% se encuentra en pobreza moderada y el 3.2% de la población está en pobreza extrema.

1. **Irapuato**

- ***Población***

Según los datos del Censo General de Población y Vivienda de 2020, el municipio de Irapuato cuenta con una población total de 592,953 de personas, siendo 302,183 mujeres y 290,770 hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 20 a 24 años (54,019 habitantes), 5 a 9 años (51,469 habitantes) y 15 a 19 años (51,194 habitantes). Entre ellos concentraron el 26.4% de la población total.

CONSULTA PÚBLICA



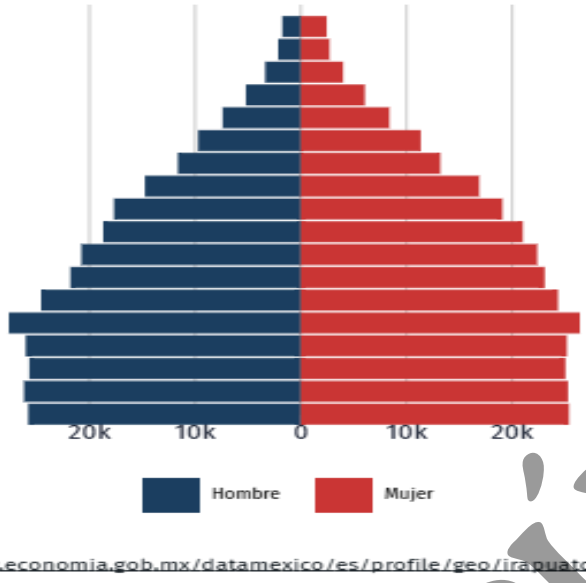


Figura III.280. Población del municipio de Irapuato según el Censo Poblacional de 2020.

La población indígena por autoadscripción es de 18,862, mientras que la población que habla alguna lengua indígena fue de 13,951, lo que corresponde al 0.2% del total de la población de Irapuato.

Las lenguas indígenas más habladas no fueron especificadas (188 habitantes), la siguiente es el Otomí (162 habitantes) y Zapoteco (161 habitantes).

En 2020, las principales discapacidades presentes en la población de Irapuato fueron discapacidad física (11.1k personas), discapacidad visual (8.39k personas) y discapacidad motriz (5.07k personas). Según rangos de edad y género, las mujeres entre 85 años o más concentraron el 5.76% de la población total con discapacidad visual, mientras que los hombres entre 60 a 64 años concentraron el 3.86% de este grupo poblacional.

- ***Inmigración extranjera***

Según el Censo de 2020, la mayor cantidad de migrantes que ingresó a Irapuato en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (767 personas), Japón (216 personas) y Colombia (107 personas).

Las principales causas de migración a Irapuato en los últimos años fueron familiares (424 personas), económicas (374 personas) y vivienda (233 personas).

CONSULTA PÚBLICA



- ***Economía***

Según los datos tanto del INAGI (2020) y de la DGPA, Secretaría de Bienestar (2020), el 96.9% de la población cuenta con empleo que accede a una canasta básica, mientras que el ingreso laboral promedio mensual del municipio es de $11,144.

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Irapuato fueron Secundaria (138k personas o 33.4% del total), Preparatoria o Bachillerato General (94.2k personas o 22.8% del total) y Primaria (83.4k personas o 20.2% del total).

- ***Indicadores de Pobreza***

En 2020, un total de 214,059 (35.5%) de los habitantes se enfrentaban a la pobreza. El 31.4% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada, y el 4.15% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencia social es del 26.6% (160,554 habitantes), mientras que las personas que presentan vulnerabilidad por ingreso son 60,583 (10%) y

Las principales carencias sociales de Irapuato en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y carencia por acceso a la alimentación.

- ***Carencias sociales***

El rezago educativo del municipio es de 78,311 (13.0%) personas, mientras que el acceso a los servicios de salud es del 25.1%, y el acceso a los servicios básicos de la vivienda es del 5.2%.

Por su parte, tan solo 267,172 (44.3%) de habitantes cuentan con acceso a la seguridad social y solo 36,928 (6%) a calidad y espacios de la vivienda.

- ***Seguridad***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Robo (400), Violencia Familiar (254) y Otros Delitos del Fuero Común (224), las cuales abarcaron un 51.2% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Otros Delitos contra el Patrimonio (2.1k%), Extorsión (425%) y Despojo (111%).

CONSULTA PÚBLICA



2. León de los Aldama

Según el INEGI (2020), el municipio de León cuenta con una población total de 1,721,215 de personas, con una población femenina de 874,542 (50.8%) mujeres y de 846,673 /49.2%) hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 15 a 19 años (155,240 habitantes), 20 a 24 años (155,124 habitantes) y 10 a 14 años (150,348 habitantes). Entre ellos concentraron el 26.8% de la población total.

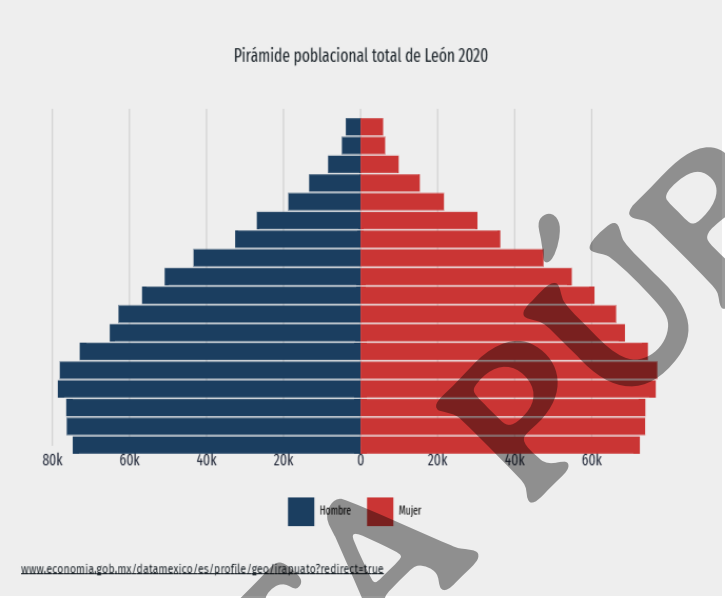


Figura III.281. Población del municipio de León según el Censo Poblacional de 2020.

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 3.43k personas, lo que corresponde a 0.2% del total de la población de León.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Náhuatl (1,192 habitantes), Mazateco (481 habitantes) y Mixe (475 habitantes).

- ***Inmigración extranjera***

Para 2020, la mayor cantidad de migrantes que ingresó a León en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (3.5k personas), Venezuela (540 personas) y España (207 personas).

Las principales causas de migración a León en los últimos años fueron familiares (1.95k personas), laborales (1.12k personas) y educativas (545 personas). Algunas de las otras causas de inmigración son económicas (470), por vivienda (360), personales (235), legales (228) y sociales del entorno (210).

CONSULTA PÚBLICA



- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de León fueron Secundaria (418k personas o 35.5% del total), Primaria (284k personas o 24.1% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (235k personas o 19.9% del total).

Por su parte, la tasa de analfabetismo de León en 2020 fue 3.3%. Del total de población analfabeta, 40.3% correspondió a hombres y 59.7% a mujeres. 319,095 (17.9%) personas se encuentran con rezago educativo del municipio.

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según el CONEVAL (2020), el 45.9% de la población se encontraba en situación de pobreza, el 39.4% (700 K) vivía en pobreza moderada y el 6.5% en pobreza extrema.

Las personas que se encuentran en vulnerabilidad por carencia social fueron el 22.7% de la población, mientras que aquellos vulnerables por ingresos formaron parte del 11.4% (203,474 habitantes).

Por otro lado, 319,095 (17.9%) personas se encuentran con rezago educativo del municipio. En cuanto al acceso a los servicios de salud y al acceso a la seguridad social, es solo el 26.7% y el 46.8% respectivamente.

- ***Seguridad pública***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Narcomenudeo (1.38k), Robo (859) y Otros Delitos del Fuero Común (564), las cuales abarcaron un 55.1% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Violación Equiparada (200%), Delitos Cometidos por Servidores Públicos (50%) y Acoso Sexual (33.3%).

3. Purísima del Rincón

El municipio de Purísima del Rincón cuenta con una población total de 83,842 de personas, con 42,508 mujeres y 41,334 hombres.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 5 a 9 años (8,479 habitantes), 10 a 14 años (8,227 habitantes) y 15 a 19 años (8,168 habitantes). Entre ellos concentraron el 29.7% de la población total.

CONSULTA PÚBLICA





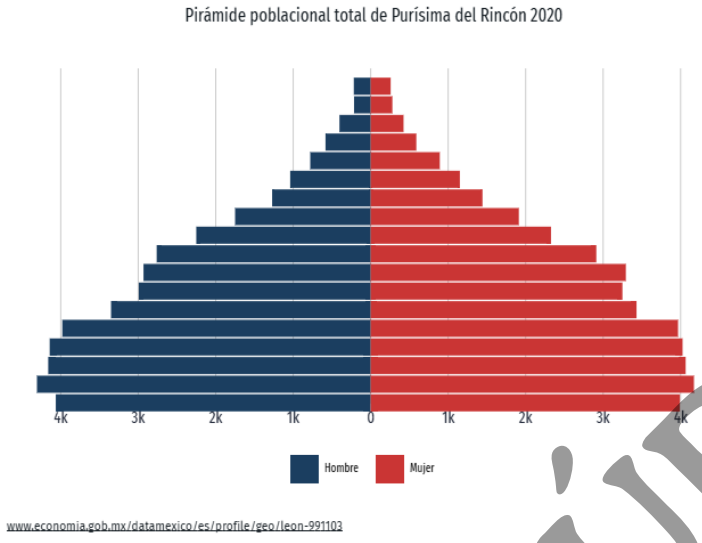


Figura III.282. Población del municipio de Purísima del Rincón según el Censo Poblacional de 2020.

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 257 personas, lo que corresponde a 0.31% del total de la población de Purísima del Rincón.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Chinanteco (56 habitantes), Otomí (42 habitantes) y Náhuatl (38 habitantes).

- ***Escolaridad***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Purísima del Rincón fueron Primaria (25.9k personas o 45.6% del total), Secundaria (17.5k personas o 30.8% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (8.57k personas o 15.1% del total).

La tasa de analfabetismo de Purísima del Rincón en 2020 fue 4.37%. Del total de población analfabeta, 41.5% correspondió a hombres y 58.5% a mujeres.

- ***Economía***

En 2025, el municipio de Purísima del Rincón tuvo ventas internacionales de más de US$431k y un total de US$1.08M en compras internacionales.

Las principales importaciones en 2024, fueron: tela sin tejer (US$1.64M), Resinas amínicas fenólicas y poliuretanos, en formas primarias (US$1.14M) y Cajas de Fundición para moldear placas, patrones, moldes metálicos (no lingotes) de carburos metálicos, vidrio, materiales minerales, caucho o plásticos (US$888K). El origen de las importaciones principales fueron China, Japón y Corea del sur.

CONSULTA PÚBLICA



- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según CONEVAL, en 2020, 38.6% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.22% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 40.9%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 4.35%.

Las principales carencias sociales de Purísima del Rincón en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, rezago educativo y carencia por acceso a la alimentación.

El rezago educativo alcanzó el 27.6%, mientras que el acceso a los servicios de salud alcanzó al 22.9% y el acceso a la seguridad social tuvo 69.9% habitantes.

Seguridad Pública

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Otros Delitos del Fuero Común (22), Violencia Familiar (18) y Lesiones (18), las cuales abarcaron un 47.2% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Incumplimiento de Obligaciones de Asistencia Familiar (100%), Despojo (66.7%) y Narcomenudeo (60%).

4. San Francisco del Rincón

San Francisco del Rincón cuenta con una población total de 130,871 de personas, con 66,889 (51.1%) mujeres y 63,982 (48.9%) hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 0 a 4 años (12,602 habitantes), 5 a 9 años (12,256 habitantes) y 15 a 19 años (12,132 habitantes). Entre ellos concentraron el 28.3% de la población total.

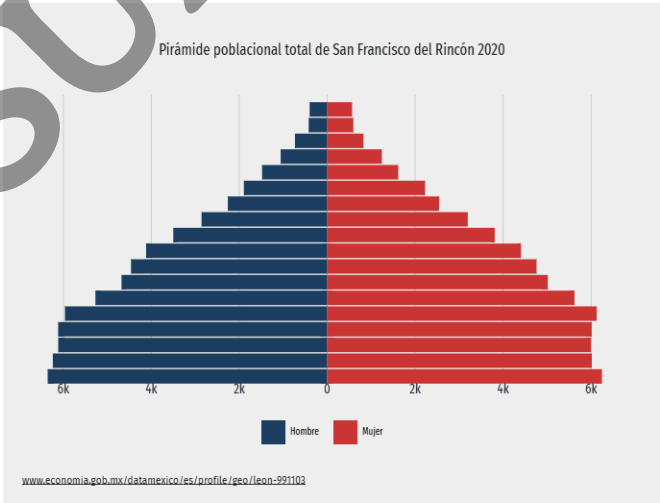


Figura III.283. Población del municipio de San Francisco del Rincón según el Censo Poblacional de 2020.

CONSULTA PÚBLICA



La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 154 personas, lo que corresponde a 0.12% del total de la población de San Francisco del Rincón.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Náhuatl (88 habitantes), No especificado (23 habitantes) y Tlapaneco (22 habitantes).

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de San Francisco del Rincón fueron Primaria (35.4k personas o 38.7% del total), Secundaria (26.4k personas o 28.9% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (15.2k personas o 16.7% del total).

La tasa de analfabetismo de San Francisco del Rincón en 2020 fue 4.93%. Del total de población analfabeta, 41.4% correspondió a hombres y 58.6% a mujeres.

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según el CONEVAL en 2020, un total de 59,634 personas, es decir el 47.3% se encontraban en situación de pobreza, siendo así que el 42.5% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.82% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 32.2%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 7.34%.

Las principales carencias sociales de San Francisco del Rincón en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo. Asimismo, el número de personas que presentan rezago educativo es de 29,839 (23.7%).

- ***Seguridad***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Robo (55), Otros Delitos del Fuero Común (24) y Lesiones (23), las cuales abarcaron un 53.4% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Narcomenudeo (70%), Daño a la Propiedad (41.7%) y Robo (27.9%).

- ***Economía***

Las principales importaciones de San Francisco del Rincón en 2024 fueron Aparatos Eléctricos para Conmutar o Proteger Circuitos Eléctricos (US$38.7M), Alambres y Cables Eléctricos (US$13.2M) y Cascos sin Ahormado ni Perfilado del Ala, Platos (Discos) y Cilindros Aunque estén Cortados en el sentido de la Altura, de Fieltro, para Sombreros (US$10.6M).

CONSULTA PÚBLICA



Los principales países de origen de las importaciones en 2024 fueron China (US$37.9M), Alemania (US$33.8M) y Estados Unidos (US$18.1M).

a principal exportación en mayo de 2025 fue Sombreros y Demás Tocados, de Punto o Confeccionados con Encaje, Fieltro u otro Producto Textil, en Pieza (Pero no en Tiras), Incluso Guarnecidos; Redecillas para el Cabello, de Cualquier Materia, Incluso Guarnecidas (US$1.34M). Los principales destinos de exportación fueron Estados Unidos (US$2.46M), Colombia (US$160k) y Canadá (US$98.2k).

La principal importación en mayo de 2025 fue Los Artículos de Plástico y Artículos de otros Materiales (US$973k). Los principales países de origen de las importaciones fueron China (US$1.84M), Estados Unidos (US$599k) y Alemania (US$507k).

5. Silao de la Victoria

El municipio de Silao de la Victoria cuenta con una población total de 203,556 de personas, con 103,483 mujeres y 100,073 hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 0 a 4 años (20,050 habitantes), 10 a 14 años (19,964 habitantes) y 5 a 9 años (19,497 habitantes). Entre ellos concentraron el 29.2% de la población total.

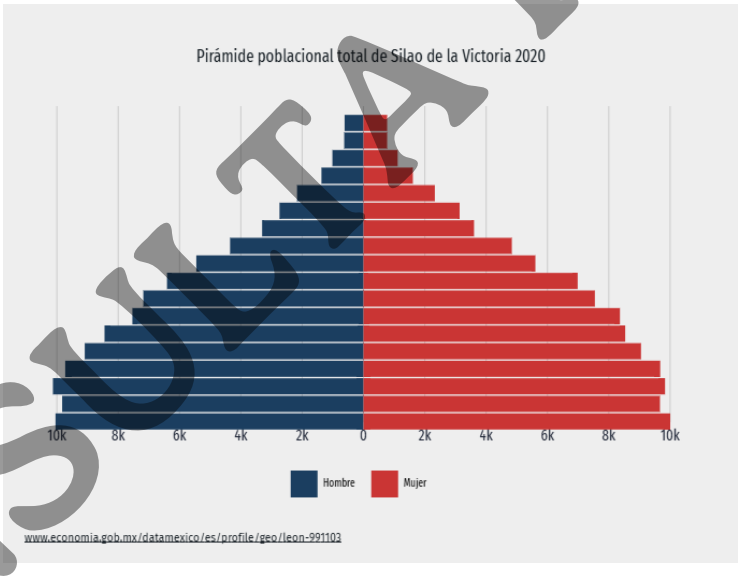


Figura III.284. Población del municipio de Silao de la Victoria según el Censo Poblacional de 2020.

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 281 personas, lo que corresponde a 0.14% del total de la población de Silao de la Victoria.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Náhuatl (132 habitantes), Zapoteco (37 habitantes) y No especificado (26 habitantes).

CONSULTA PÚBLICA



- ***Inmigración extranjera***

La mayor cantidad de migrantes que ingresó a Silao de la Victoria en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (396 personas), Colombia (24 personas) y Francia (13 personas).

Las principales causas de migración a Silao de la Victoria en los últimos años fueron laborales (142 personas), legales (125 personas) y familiares (87 personas).

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Silao de la Victoria fueron Secundaria (51.6k personas o 38% del total), Primaria (31.5k personas o 23.2% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (27.9k personas o 20.6% del total).

Es posible ver la distribución de los grados académicos por sexo cambiando la opción seleccionada en el botón superior.

La tasa de analfabetismo de Silao de la Victoria en 2020 fue 5.51%. Del total de población analfabeta, 39.9% correspondió a hombres y 60.1% a mujeres.

- ***Economía***

Según la secretaría de Economía, las principales exportaciones de Silao de la Victoria en 2024 fueron Partes y Accesorios de Vehículos Automotores (US$1,943M), Instrumentos y Aparatos de Regulación o Control (US$295M) y Iluminación Eléctrica o Equipos de Señalización (US$192M).

Los principales destinos de exportaciones en 2024 fueron Estados Unidos (US$3,570M), Canadá (US$280M) y Brasil (US$80.8M).

Mientras que las principales importaciones de Silao de la Victoria en 2024 fueron Partes y Accesorios de Vehículos Automotores (US$861M), Productos Laminados Planos de Hierro o Acero sin Alear, de Anchura Superior o Igual a 600 Mm, Laminados en Frío, sin Chapar ni Revestir (US$200M) y Productos Laminados de otro Acero Aleado (US$188M).

Los principales países de origen de las importaciones en 2024 fueron Estados Unidos (US$2,123M), China (US$764M) y Japón (US$586M).

- ***Seguridad pública***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Robo (129), Violencia Familiar (76) y Otros Delitos del Fuero Común (61), las cuales abarcaron un 49.1% del total de denuncias del mes.

CONSULTA PÚBLICA





Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Falsificación (333%), Acoso Sexual (150%) y Fraude (92.3%).

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según la CONEVAL (2020) en 2020, un total de 83,338 personas se encontraban en pobreza, de las cuales el 38.5% de la población estaba en situación de pobreza moderada y 4.74% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 24.7%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 10.8%.

Las principales carencias sociales de Silao de la Victoria en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a la alimentación y rezago educativo.

- ***Seguridad pública***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Robo (129), Violencia Familiar (76) y Otros Delitos del Fuero Común (61), las cuales abarcaron un 49.1% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Falsificación (333%), Acoso Sexual (150%) y Fraude (92.3%).

- ***Conclusiones***

Los municipios por los que incidirá el proyecto en el Estado de Guanajuato, muestran lo siguiente:

- La población es en su mayoría femenina en todos los municipios.
- Los índices de analfabetismo son más altos en cuanto a la población femenina.
- Los cinco municipios muestran una economía fuerte con importaciones y exportaciones nacionales e internacionales.
- Los indicadores de pobreza y carencia sociales han crecido a lo largo de los años, sin embargo, es menos del 10% de la población de los municipios.

III.9.2. Municipios de Jalisco

1. **Acatic**

Según el Censo de Población y Vivienda (2020), el municipio de Acatic, tiene una población total de 23,175 habitantes, de los cuales 11,792 (50.9%) son mujeres y 11,383 (49.1%) hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (2,299 habitantes), 5 a 9 años (2,242 habitantes) y 0 a 4 años (2,192 habitantes). Entre ellos concentraron el 29.1% de la población total.

CONSULTA PÚBLICA



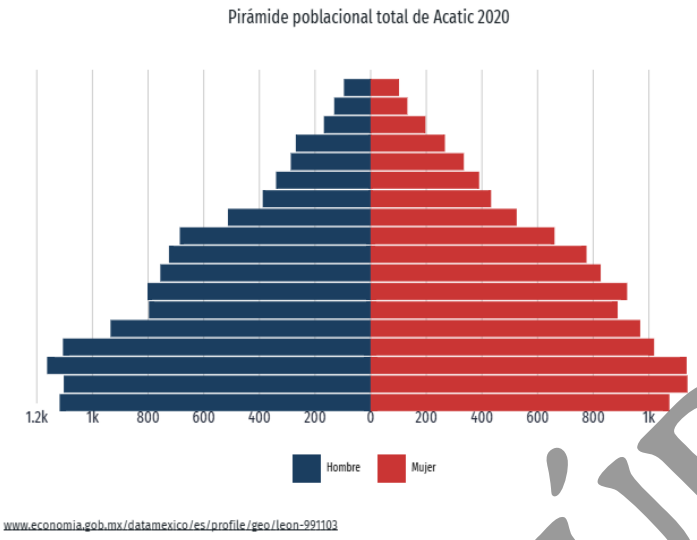


Figura III.285. Población del municipio de Acatic según el Censo Poblacional de 2020.

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 27 personas, lo que corresponde a 0.12% del total de la población de Acatic.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Tseltal (16 habitantes), Ch'ol (6 habitantes) y Mixe (5 habitantes).

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Acatic fueron Primaria (6.31k personas o 42% del total), Secundaria (5.11k personas o 34.1% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (2.34k personas o 15.6% del total).

Por otra parte, la tasa de analfabetismo de Acatic en 2020 fue 7.24%. Del total de población analfabeta, 49% correspondió a hombres y 51% a mujeres.

- ***Salud***

En Acatic, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron IMSS (Seguro social) (8.53k), Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (7.23k) y Consultorio de farmacia (6.44k).

En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) (9.32k) y Pemex, Defensa o Marina (6.96k).

CONSULTA PÚBLICA

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

En 2020, 6,332 (30.7%) se encontraban en situación de pobreza, de las cuales el 28.5% de la población estaba en situación de pobreza moderada y 2.22% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 46.8%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 4.22%.

Las principales carencias sociales de Acatic en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo (25.1%).

- ***Seguridad pública***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Lesiones (6), Daño a la Propiedad (1) y Violencia Familiar (1), las cuales abarcaron un 80% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Lesiones (50%), Abuso de Confianza (0%) y Daño a la Propiedad (0%).

2. San Diego de Alejandría

La población total de San Diego de Alejandría en 2020 fue 7,609 habitantes, siendo 50.9% mujeres con un total de 3,870 de mujeres y 49.1%, es decir 3,739 hombres.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 5 a 9 años (798 habitantes), 10 a 14 años (753 habitantes) y 0 a 4 años (738 habitantes). Entre ellos concentraron el 30.1% de la población total.

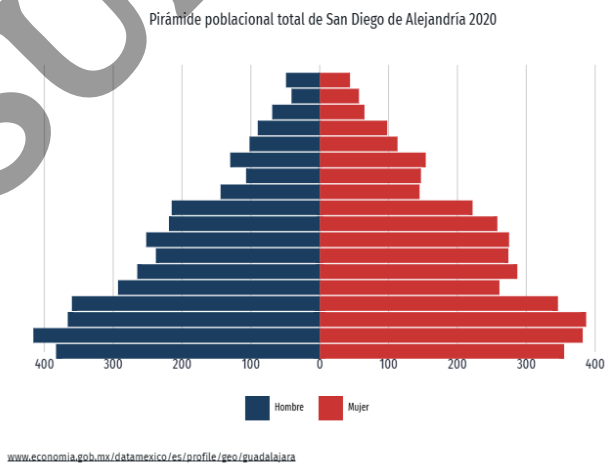


Figura III.286. Población del municipio de San Diego de Alejandría según el Censo Poblacional de 2020.

CONSULTA PÚBLICA



En San Diego de Alejandría, solo 8 habitantes hablan al menos una lengua indígena (0.11%= del total de la población. Las lenguas habladas fueron Tseltal, Náhuatl y una no especificada.

- ***Inmigración***

Las principales causas de migración a San Diego de Alejandría en los últimos años fueron familiares (51 personas), laborales (17 personas) y vivienda (11 personas). La mayor cantidad de migrantes que ingresó a San Diego de Alejandría en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (89 personas), Canadá (6 personas) y Corea del Sur (2 personas).

- ***Educación***

Según el Censo de Población y Vivienda, en 2020, los principales grados académicos de la población de San Diego de Alejandría fueron Primaria (2.27k personas o 46.4% del total), Secundaria (1.51k personas o 30.8% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (735 personas o 15% del total).

Por otro lado, la tasa de analfabetismo de San Diego de Alejandría en 2020 fue 5.26%. Del total de población analfabeta, 44.3% correspondió a hombres y 55.7% a mujeres.

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según CONEVAL, Las principales carencias sociales de San Diego de Alejandría en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, rezago educativo y carencia por acceso a los servicios de salud.

En 2020, 3,297 habitantes (43.1%) padecían de pobreza, de los cuales 36.9% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 6.2% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 46.5%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 2.92%.

CONSULTA PÚBLICA



3. Arandas

El municipio de Arandas tiene una población total de 16,792, de los cuales 8,741 personas son mujeres y 8,051 habitantes son hombres.

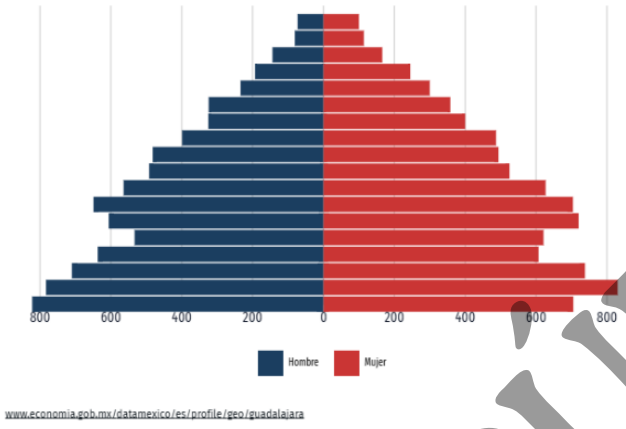


Figura III.287. Población del municipio de Arandas según el Censo Poblacional de 2020.

Un total de 11 personas habla alguna lengua indígena, siendo el 0.066% del total de la población. Las lenguas indígenas más habladas fueron Mixteco (5 habitantes), Popoluca insuficientemente especificado (3 habitantes) y Tseltal (3 habitantes).

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Arandas fueron Primaria (5.04k personas o 43.9% del total), Secundaria (3.87k personas o 33.7% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (1.69k personas o 14.7% del total).

La tasa de analfabetismo de Arandas en 2020 fue 5.05%. Del total de población analfabeta, 45.9% correspondió a hombres y 54.1% a mujeres.

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Las principales carencias sociales de Arandas en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo.

En 2020, 5,276 habitantes padecían pobreza, de los cuales el 32.2% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 2.33% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 54%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 2.15%.

CONSULTA PÚBLICA



4. **San Ignacio Cerro Gordo**

La población total de San Miguel Cerro Gordo es de 31,965 personas, de las cuales el 51.4% (16,416) son mujeres y el 48.6% (15,549) son hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 5 a 9 años (3,002 habitantes), 10 a 14 años (2,961 habitantes) y 0 a 4 años (2,884 habitantes). Entre ellos concentraron el 27.7% de la población total.

La población que habla alguna lengua indígena fue de 43 personas (0.13%) del total de la población. Las lenguas más habladas fueron Tarasco, Náhualt y Zapoteco.

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de San Miguel Cerro Gordo fueron Primaria (9.47k personas o 44.8% del total), Secundaria (6.46k personas o 30.6% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (3.38k personas o 16% del total).

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según el CONEVAL, en 2020, un total del 38.2% de la población padecía pobreza, de las cuales el 33.6% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.56% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 45.3%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 4.36%.

Las principales carencias sociales de San Miguel Cerro Gordo en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo.

- ***Seguridad pública***

Según el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP) las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Otros Delitos que Atentan contra la Libertad y la Seguridad Sexual (2), Lesiones (2) y Robo (1), las cuales abarcaron un 71.4% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Abuso de Confianza (0%), Daño a la Propiedad (0%) y Despojo (0%).

5. **Tepatitlán de Morelos**

La población total de municipio es de 150,190 habitantes, donde el 50.9% son mujeres con una cantidad de 70,480 personas, y el 49.1% son hombres, es decir 73, 710.

CONSULTA PÚBLICA



Los rangos de edad con mayor población son los niños de 5 a 9 años (13,603 habitantes).

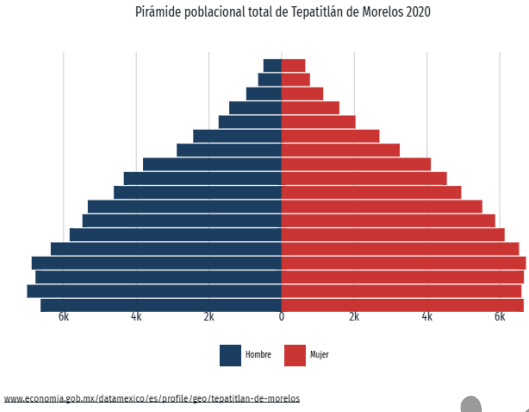


Figura III.288. Población del municipio de Tepatitlán de Morelos según el Censo Poblacional de 2020.

La población hablante de lenguas indígenas fue de 157 personas (0.1%). Las lenguas más habladas fueron el Tarasco (75 habitantes), Zapoteco (37) y Huasteco (30).

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Tepatitlán de Morelos fueron Primaria (29k personas o 27.7% del total), Secundaria (27.3k personas o 26.1% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (24.2k personas).

La tasa de analfabetismo de Tepatitlán de Morelos en 2020 fue 4.26%. Del total de población analfabeta, 46.3% correspondió a hombres y 53.7% a mujeres.

- ***Inmigración***

Las principales causas de migración a Tepatitlán de Morelos en los últimos años fueron familiares, personales y laborales.

La mayor cantidad de migrantes que ingresó a Tepatitlán de Morelos en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (783 personas), Venezuela (30 personas) y Colombia (30 personas).

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

Según el CONEVAL, en 2020, 38,584 personas padecían de pobreza, de las que 35,688 (26.7%) se encontraban en pobreza moderada (26.7%) y 2,946 en pobreza extrema (2.2%). Las

CONSULTA PÚBLICA



principales carencias sociales de Tepatitlán de Morelos en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo.

La población vulnerable por carencias sociales alcanzó el 33.5% y la vulnerable por ingresos fue de 10.3%.

- ***Seguridad pública***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Robo (26), Lesiones (24) y Violencia Familiar (14), las cuales abarcaron un 54.7% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Otros Delitos que Atentan contra la Libertad Personal (200%), Homicidio (50%) y Daño a la Propiedad (16.7%).

6. Tonalá

En este municipio habitan 569,913 habitantes, según el censo de 2020. El 50.6% son mujeres y el 49.4% hombres.

La población que habla al menos una lengua indígena fue de 1.58k personas, lo que corresponde a un total de 0.28% del total de la población de Tonalá, y las lenguas más habladas fueron Náhuatl (552 habitantes), Tarasco (264 habitantes) y Mazahua (200 habitantes).

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Tonalá fueron Secundaria (138k personas o 34.9% del total), Preparatoria o Bachillerato General (98.4k personas o 24.8% del total) y Primaria (84.9k personas o 21.4% del total).

Por otro lado, la tasa de analfabetismo de Tonalá en 2020 fue 2.1%. Del total de población analfabeta, 45.6% correspondió a hombres y 54.4% a mujeres.

- ***Inmigración***

Este municipio presenta migración, en 2020 La mayor cantidad de migrantes que ingresó a Tonalá en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (1.5k personas), Argentina (27 personas) y El Salvador (26 personas).

Las principales causas de migración a Tonalá en los últimos años fueron familiares (948 personas), laborales (215 personas) y legales (142 personas).

CONSULTA PÚBLICA



- ***Economía***

En mayo de 2025, las ventas internacionales de Tonalá fueron US$3.34M y un total de US$3.74M en compras internacionales. Para este mes el balance comercial neto de Tonalá fue de -US$401k.

Las principales exportaciones de Tonalá en 2024 fueron Asientos Convertibles o no en Camas y Partes (US$8.37M), Estatuillas y Demás Artículos para Adorno, de Cerámica (US$7.4M) y Otros Muebles y Piezas (US$5.78M).

Los principales destinos de exportaciones en 2024 fueron Estados Unidos (US$38M), Canadá (US$364k) y Costa Rica (US$165k).

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

En 2020, 32.8% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.33% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 26.9%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 11.6%.

Las principales carencias sociales de Tonalá en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y carencia por acceso a la alimentación.

7. Zapotlanejo

Según el Censo de población y vivienda de 2020, el total de población del municipio es de 64,806 habitantes, donde 32,924 (50.8%) es población femenina y 31,882 (49.2%) son hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 5 a 9 años (6,348 habitantes), 0 a 4 años (6,077 habitantes) y 10 a 14 años (5,990 habitantes). Entre ellos concentraron el 28.4% de la población total.

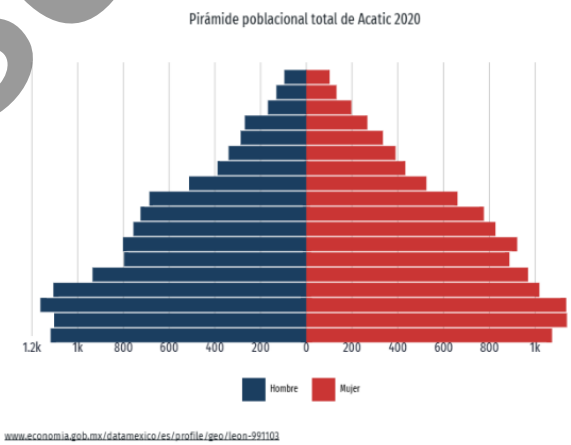


Figura III.289. Población del municipio de Zapotlanejo según el Censo Poblacional de 2020.

CONSULTA PÚBLICA



En Zapotlanejo, 79 habitantes hablan al menos una lengua indígena, lo que corresponde a 0.12% del total de la población de Zapotlanejo. Las lenguas más habladas fueron el Náhuatl, Ch'ol y Otomí.

- ***Educación***

En 2020, los principales grados académicos de la población de Zapotlanejo fueron Primaria (17.1k personas o 40% del total), Secundaria (13.5k personas o 31.5% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (7.36k personas o 17.2% del total).

Por su parte, la tasa de analfabetismo de Zapotlanejo en 2020 fue 4.98%. Del total de población analfabeta, 47.9% correspondió a hombres y 52.1% a mujeres.

Las edades que presentan porcentajes más altos de analfabetismo son de entre los 75 y los 79 años.

- ***Salud***

En Zapotlanejo, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron Consultorio de farmacia (18.1k), Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (17.8k) y IMSS (Seguro social) (13.9k).

En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron No Especificado (31k) y Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) (16.7k).

- ***Indicadores de pobreza y carencias sociales***

En 2020, 33.2% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.84% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 48.1%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 2.81%.

Las principales carencias sociales de Zapotlanejo en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo.

- ***Seguridad pública***

Las denuncias con mayor ocurrencia durante Mayo 2025 fueron Robo (15), Lesiones (13) y Abuso Sexual (10), las cuales abarcaron un 64.4% del total de denuncias del mes.

Al comparar el número de denuncias en Mayo 2024 y Mayo 2025, aquellas con mayor crecimiento fueron Fraude (300%), Otros Delitos del Fuero Común (40%) y Abuso Sexual (11.1%).

CONSULTA PÚBLICA





- ***Conclusiones***

Los municipios por los que incidirá el proyecto en el Estado de Jalisco, muestran lo siguiente:

- La población femenina es la más abundante en todos los municipios.
- Los índices de analfabetismo son más altos en cuanto a la población femenina.
- Los municipios que muestran una economía fuerte con importaciones y exportaciones nacionales e internacionales, en su mayoría, son aquellas en la Zona metropolitana de Guadalajara.
- Los indicadores de pobreza y carencia sociales han crecido a lo largo de los años, sin embargo, es menos del 10% de la población de los municipios.
- Las lenguas indígenas son más habladas en el occidente del estado.

CONSULTA PÚBLICA





III.10. IDENTIFICACIÓN DE CORREDORES BIOLÓGICOS DENTRO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

IIII.10.1. Introducción

La conectividad ecológica describe la forma en que un paisaje permite el movimiento de las especies entre distintas zonas de hábitat. Su análisis ayuda a entender qué tan continua o fragmentada se encuentra una región y de qué manera los elementos del territorio pueden facilitar o dificultar el desplazamiento de la fauna. De acuerdo con la UICN, la conectividad implica mantener el movimiento de las especies y de los procesos naturales, por lo que los corredores ecológicos cumplen una función importante al enlazar áreas naturales y reducir los efectos de la fragmentación (Hilty et al., 2021).

Para evaluar esta conectividad se consideran dos componentes principales. Por un lado, la conectividad estructural se relaciona con la ubicación, tamaño y distribución de los parches de hábitat. Por otro, la conectividad funcional se refiere a la posibilidad de que las especies se desplacen entre esos parches según las condiciones que presenta el paisaje (Alonso-F. et al., 2017). Analizar ambos componentes permite reconocer no solo dónde se encuentran las áreas con mejores condiciones, sino también qué tan conectadas pueden estar entre sí.

La continuidad del paisaje puede verse afectada por distintos procesos de transformación. Los cambios de uso de suelo, la expansión urbana, las actividades agrícolas y la infraestructura pueden separar áreas de hábitat o aumentar la dificultad de movimiento de la fauna. Por esta razón, los análisis de conectividad permiten ubicar zonas importantes de hábitat y reconocer las rutas que podrían mantener la relación entre ellas.

Para el tramo ferroviario Irapuato–Guadalajara, se realizó un análisis espacial orientado a reconocer la red de conectividad ecológica dentro del área de estudio. El proceso integró variables ambientales y antrópicas mediante modelos de hábitat, calidad y resistencia del paisaje. A partir de estos resultados se delimitaron los principales parches de hábitat y las conexiones potenciales entre ellos, con el objetivo de contar con una base para identificar posteriormente zonas de interés relacionadas con medidas de mitigación y pasos de fauna.

CONSULTA PÚBLICA





III.10.2. Caracterización y preparación del análisis

a) Área de estudio y escala de trabajo

La vía férrea Irapuato–Guadalajara tiene una longitud aproximada de 283.32 km. El recorrido inicia en la ciudad de Irapuato, continúa hacia el oeste por el estado de Guanajuato, cruza el estado de Jalisco y concluye en el Área Metropolitana de Guadalajara.

Para el desarrollo de los modelos se definió un área de análisis de 100 km alrededor del trazo ferroviario, con el propósito de incorporar un contexto regional amplio y considerar los principales elementos del paisaje que pueden influir en la conectividad ecológica. Posteriormente, para la integración final de los resultados, el análisis se concentró en una franja de 50 km alrededor de la vía, con el fin de trabajar con los parches y corredores más relacionados espacialmente con el proyecto.

Debido a la extensión del área analizada, al número de variables utilizadas y a la escala de los insumos disponibles, se trabajó con información a escala 1:250,000. Para homologar las capas ráster y realizar los distintos procesos de modelación se utilizó un tamaño de píxel de 50 m, lo que permitió mantener un nivel de detalle adecuado sin perder viabilidad en el procesamiento de la información.

b) Selección de especies objetivo

Para definir las especies consideradas en el análisis se revisaron los registros de fauna disponibles en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO dentro del entorno del proyecto ferroviario. La revisión se realizó considerando zonas de 10 km y 25 km alrededor del trazo, con el fin de reconocer las especies registradas en áreas cercanas a la vía.

Además, se tomaron como referencia las especies empleadas en estudios previos de conectividad ecológica. A partir de la comparación entre ambos insumos se integró el grupo de especies utilizado para el desarrollo de los modelos.

Las especies seleccionadas fueron: *Bassariscus astutus*, *Canis latrans*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii*, *Lynx rufus*, *Nasua narica*, *Odocoileus virginianus*, *Panthera onca*, *Pecari tajacu*, *Potos flavus*, *Puma concolor* y *Urocyon cinereoargenteus*.

Este grupo se utilizó como base para representar el componente de hábitat dentro del análisis de conectividad.

c) Variables ambientales y antropogénicas

Para describir las condiciones del área de estudio y generar los insumos necesarios para los modelos, se incorporaron distintas variables ambientales y antropogénicas. Las primeras permiten representar las características naturales del territorio, mientras que las segundas muestran los principales elementos relacionados con la ocupación, modificación y fragmentación del paisaje.

CONSULTA PÚBLICA



Dentro de las variables ambientales se consideraron el uso de suelo y vegetación, Áreas Naturales Protegidas, cuerpos de agua, corrientes superficiales, elevación y relieve, y zonas inundables. Por su parte, las variables antropogénicas incluyeron zonas urbanas, zonas rurales, áreas agrícolas, caminos, carreteras y el trazo ferroviario.

La información utilizada provino principalmente de fuentes oficiales como INEGI, CONANP y CONABIO, y posteriormente fue procesada y homologada para poder integrarla en los distintos modelos de calidad de hábitat y resistencia del paisaje.

d) Variables ambientales

Las variables ambientales se utilizaron para representar las principales condiciones naturales presentes dentro del área de estudio. Su incorporación permitió reconocer aquellos elementos del territorio que pueden influir tanto en la calidad del hábitat como en el desplazamiento de la fauna.

Estas variables se emplearon posteriormente como insumos para la construcción del Modelo de Calidad de Hábitat (MCH) y del Modelo de Resistencia (MDR), considerando para cada una los criterios de reclasificación y ponderación definidos para el análisis.

Cobertura vegetal y uso del suelo

Para caracterizar la cobertura y el uso actual del territorio se utilizó la Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI. Al igual que el resto de los insumos considerados en el análisis, esta información se trabajó dentro del área de estudio de 100 km alrededor del trazo ferroviario.

De manera complementaria, se realizó un corte de 25 km alrededor de la vía férrea para describir con mayor detalle la composición del paisaje en las zonas más cercanas al proyecto y calcular la superficie ocupada por cada tipo de cobertura y uso de suelo.

Dentro de esta franja, la agricultura de temporal anual es la cobertura con mayor superficie, con 633,579.02 ha, seguida por la agricultura de riego anual con 150,349.31 ha y los asentamientos humanos con 125,621.86 ha. También destacan la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia con 124,834.23 ha, el pastizal inducido con 89,067.18 ha, la agricultura de riego anual y semipermanente con 75,218.06 ha y la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con 71,354.08 ha. (ver tabla 1).

En cuanto a su distribución, se observa que las coberturas agrícolas predominan en las zonas cercanas al trazo ferroviario, formando el uso principal del paisaje a lo largo de buena parte del recorrido. Por su parte, los asentamientos humanos presentan una mayor concentración hacia los extremos este y oeste del tramo, asociados principalmente con las zonas de Irapuato y del Área Metropolitana de Guadalajara. En contraste, las coberturas con vegetación natural y secundaria se localizan principalmente hacia las periferias del área analizada, donde se distribuyen bosques, selva baja caducifolia, pastizales, matorrales y distintos tipos de vegetación secundaria (ver figura 1).

CONSULTA PÚBLICA



En conjunto, esta distribución muestra un paisaje fuertemente transformado en las áreas cercanas a la vía férrea, donde predominan los usos agrícolas y urbanos, mientras que las zonas con mayor presencia de vegetación se concentran principalmente hacia la periferia. Esta variable se utilizó posteriormente como uno de los insumos para la construcción de los modelos de calidad de hábitat y resistencia del paisaje.

Tabla III.244. **Cobertura vegetal y uso del suelo presente en un radio de 25 km. Elaboración propia.**

Uso de suelo y cobertura vegetal	Superficie (ha)
Agricultura de humedad anual	5,470.10
Agricultura de humedad semipermanente	777.20
Agricultura de riego anual	150,349.31
Agricultura de riego anual y semipermanente	75,218.06
Agricultura de riego permanente	278.92
Agricultura de riego semipermanente	8,878.73
Agricultura de temporal anual	633,579.02
Agricultura de temporal anual y permanente	532.04
Agricultura de temporal anual y semipermanente	38,387.49
Agricultura de temporal permanente	3,852.66
Asentamientos humanos	125,621.86
Bosque cultivado	40.99
Bosque de encino	35,487.90
Bosque de encino-pino	27,830.79
Bosque de pino-encino	6,395.80
Cuerpo de agua	16,522.71
Desprovisto de vegetación	618.85
Matorral crasicaule	8,525.01
Mezquital xerófilo	630.73
Pastizal cultivado	66.82
Pastizal halófilo	792.23
Pastizal inducido	89,067.18
Pastizal natural	32,033.52
Selva baja caducifolia	25,639.18
Sin vegetación aparente	1,018.25
Vegetación halófila hidrófila	108.78
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	7,950.20
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	123.41
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	460.70
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	16,124.34
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	71,354.08
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	1,562.77
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	668.05
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	5,174.58

CONSULTA PÚBLICA



Uso de suelo y cobertura vegetal	Superficie (ha)
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	621.26
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	66,767.25
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	124,834.23
Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino-pino	31.97

Fuente: Elaboración propia con base en el Uso de suelo y vegetación Serie VII de INEGI.

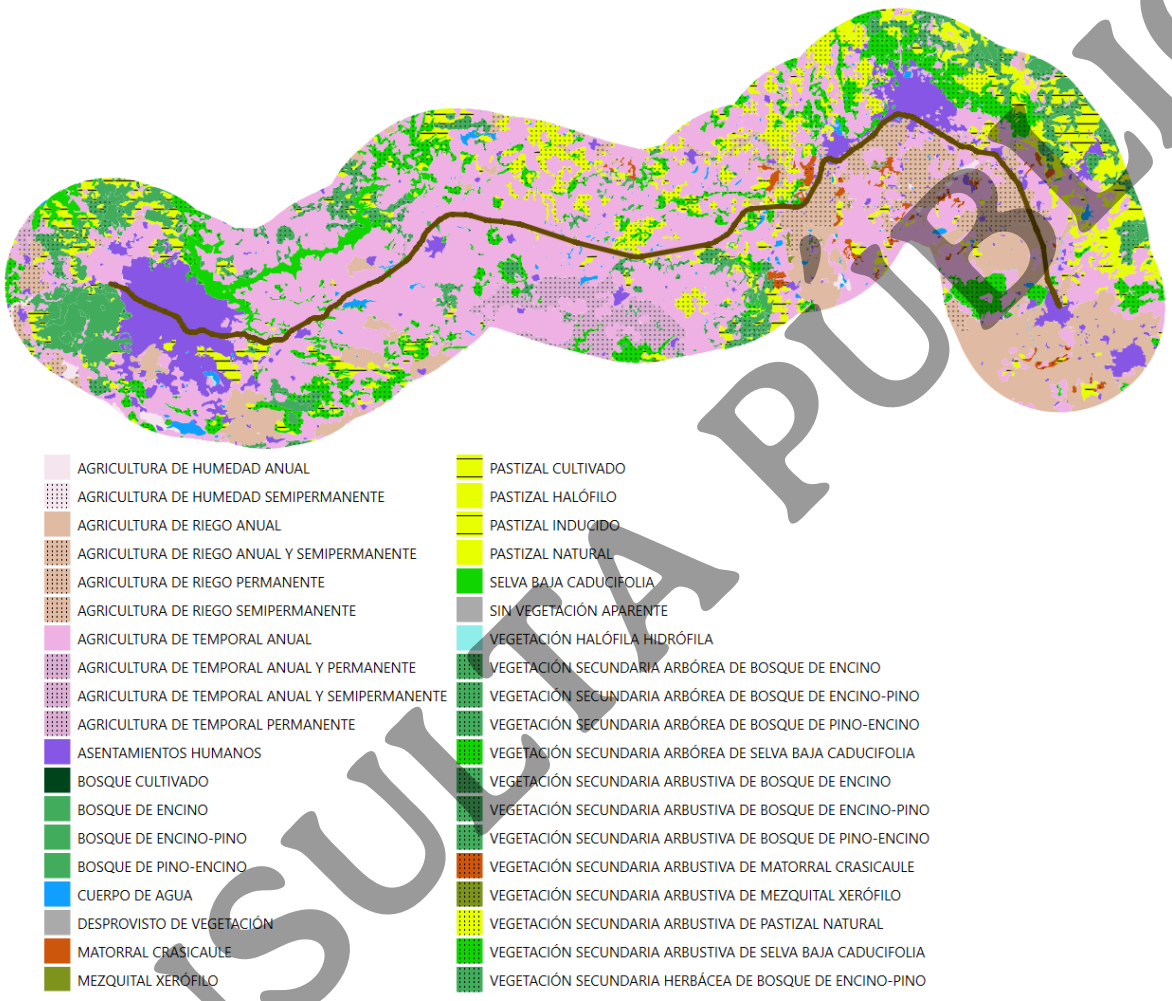


Figura III.290. Cobertura vegetal y uso del suelo. Elaboración propia.

Áreas Naturales Protegidas (ANPs)

Para incorporar las zonas de conservación dentro del análisis se consideraron las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, estatales y municipales, así como las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) presentes dentro del área de estudio.

En la parte este del tramo ferroviario se localizan varias ANP estatales del estado de Guanajuato, entre ellas Cerro de Arandas, Sierra de Lobos, Cerro del Palenque y Presa de Silva y sus Áreas Aledañas, todas ubicadas relativamente cerca del trazo.

CONSULTA PÚBLICA

Hacia el extremo oeste, en el estado de Jalisco, destaca el ANP estatal Barrancas de los ríos Santiago y Verde, la cual es atravesada directamente por la vía férrea en el límite de los municipios de Tonalá y Zapotlanejo. También se localiza el ANP federal La Primavera, próxima al final del tramo ferroviario en el sector oeste.

La presencia y cercanía de estas áreas respecto al proyecto fue considerada dentro del análisis debido a su importancia para la conservación de hábitats y por su posible relación con la continuidad ecológica del paisaje.

Cuerpos de agua

Para representar la presencia de cuerpos de agua dentro del área de estudio se utilizó la capa de Cuerpos de agua perennes de INEGI, a escala 1:250,000.

A lo largo del área de estudio se distribuyen diversos cuerpos de agua de diferente tamaño. Entre los principales por su cercanía con la vía férrea y por su extensión se encuentran, de este a oeste, la Presa Vieja de Jalpa, localizada en el municipio de San Diego de Alejandría, y la Presa Ingeniero Elías González, ubicada entre los municipios de Acatic y Zapotlanejo, en el estado de Jalisco.

Además, en la parte suroeste del área de estudio se localiza el Lago de Chapala, que por su extensión constituye uno de los cuerpos de agua más importantes dentro del contexto regional analizado.

Esta variable se incorporó al análisis por su relación con la disponibilidad de agua para la fauna y por su influencia en las condiciones del hábitat y en la conectividad del paisaje.

Corrientes de agua

La red de corrientes superficiales se obtuvo a partir de la Red Hidrográfica Serie I de INEGI, a escala 1:250,000, considerando principalmente ríos y arroyos.

Dentro del área de estudio se distribuyen numerosas corrientes que forman parte de la dinámica hidrológica regional. Entre las principales que cruzan o se encuentran directamente relacionadas con el tramo ferroviario destacan el río Silao, en el municipio de Silao de la Victoria, Guanajuato; los ríos León y Turbio, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato; y el río Grande de Santiago, cuyo cruce con la vía se localiza principalmente en el límite de los municipios de Tonalá y Zapotlanejo, en el estado de Jalisco.

Estas corrientes fueron consideradas dentro del análisis por su relación con las condiciones del hábitat y con las posibles rutas de desplazamiento de la fauna.

2.3.1.5. Elevación y relieve.

Las condiciones topográficas del área de estudio se caracterizaron a partir de información de curvas de nivel de INEGI, a escala 1:250,000.

CONSULTA PÚBLICA



Dentro del área analizada, las elevaciones presentan un rango aproximado de 300 a 3,500 m.s.n.m. En relación directa con el proyecto, la vía férrea se desarrolla principalmente en terrenos con altitudes de entre 1,400 y 2,000 m.s.n.m.

Las variaciones en elevación y relieve fueron consideradas dentro del análisis debido a su influencia sobre la distribución de la vegetación, las condiciones del hábitat y el desplazamiento de la fauna.

Zonas inundables

La información correspondiente a las zonas inundables se obtuvo del Conjunto Nacional de Datos Topográficos de INEGI, a escala 1:250,000, considerando los terrenos sujetos a inundación.

Estas zonas se distribuyen en distintos puntos del área de estudio; sin embargo, no se identifica alguna de especial relevancia por su relación directa con el trazo ferroviario.

Aun así, esta variable se incorporó al análisis por su relación con la dinámica hidrológica del paisaje y por la forma en que puede influir en las condiciones del hábitat y en el desplazamiento de la fauna.

e) Variables antrópicas.

Las variables antrópicas permiten identificar los principales elementos del territorio asociados con la ocupación humana, las actividades productivas y la infraestructura. Su incorporación al análisis permite reconocer aquellas zonas donde la transformación del paisaje puede modificar la continuidad del hábitat y generar distintos niveles de resistencia para el desplazamiento de la fauna.

Para este estudio se consideraron las zonas urbanas, zonas rurales, áreas agrícolas, caminos, carreteras y la vía férrea, las cuales fueron integradas posteriormente en los modelos de calidad de hábitat y resistencia del paisaje.

Zonas urbanas

La información correspondiente a las zonas urbanas se obtuvo del Conjunto Nacional de Datos Topográficos de INEGI, a escala 1:250,000, considerando las localidades clasificadas con ámbito urbano.

Las principales concentraciones urbanas relacionadas con el tramo ferroviario se localizan hacia sus extremos. En la parte este destacan las ciudades de Irapuato y León, en el estado de Guanajuato, mientras que hacia el oeste sobresale el Área Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA





Esta distribución genera una mayor concentración de zonas urbanizadas en ambos extremos del recorrido, mientras que en los sectores intermedios predominan otros usos del suelo. Las zonas urbanas se incorporaron al análisis por el grado de transformación que representan y por su posible efecto sobre la continuidad del hábitat y el desplazamiento de la fauna.

Zonas rurales

Las localidades rurales se obtuvieron del Conjunto Nacional de Datos Topográficos de INEGI, a escala 1:250,000, considerando aquellas clasificadas con ámbito rural.

Estas localidades se distribuyen a lo largo del área de estudio y en distintos sectores cercanos a la vía férrea. Sin embargo, se observa una mayor concentración hacia la parte este del tramo, principalmente dentro del estado de Guanajuato.

Las zonas rurales se incorporaron al análisis debido a que, aunque presentan una menor intensidad de ocupación que las áreas urbanas, también generan modificaciones en la cobertura del suelo, presencia de infraestructura local y actividad humana, factores que pueden influir en la continuidad del hábitat y en el desplazamiento de la fauna.

Zonas agrícolas

Las zonas agrícolas se identificaron a partir de la Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI, considerando las distintas categorías de agricultura presentes dentro del área de estudio.

Este uso del suelo se distribuye ampliamente a lo largo de toda la zona analizada y mantiene una presencia importante en las áreas cercanas a la vía férrea. De hecho, dentro del radio de 25 km alrededor del trazo, la agricultura constituye el uso de suelo predominante.

En relación con la vía férrea, hacia la parte este del tramo se observa principalmente agricultura de riego, mientras que en las zonas centro y oeste predomina la agricultura de temporal. Esta distribución refleja diferencias en el tipo de aprovechamiento agrícola a lo largo del recorrido.

Las zonas agrícolas fueron incorporadas al análisis debido a que representan una transformación importante del paisaje y pueden influir tanto en la calidad del hábitat como en la continuidad entre los parches y el desplazamiento de la fauna.

CONSULTA PÚBLICA



Caminos

La red de caminos se obtuvo de la Red Nacional de Caminos de INEGI, considerando los elementos presentes dentro del área de estudio.

Los caminos se distribuyen a lo largo de los 100 km alrededor del trazo ferroviario, y varios de ellos cruzan o se aproximan a la vía férrea, aunque no se identifica alguno que destaque de manera particular por su relación con el proyecto.

De manera general, se observa una mayor concentración de caminos hacia la parte este del tramo, correspondiente al estado de Guanajuato, donde la red vial es más densa en comparación con otros sectores del área analizada.

Esta variable se incorporó al análisis debido a que la presencia de caminos puede modificar la continuidad del paisaje y generar distintos niveles de perturbación o resistencia para el desplazamiento de la fauna.

Carreteras

La información de carreteras se obtuvo de la Red Nacional de Caminos de INEGI, considerando los ejes carreteros presentes dentro del área de estudio.

Las carreteras se distribuyen a lo largo de toda la zona analizada y varias de ellas se localizan cerca o cruzan la vía férrea. Sin embargo, no se identifica alguna que destaque de manera particular por su relación directa con el tramo ferroviario.

Esta variable se incorporó al análisis debido a que las carreteras pueden modificar la continuidad del paisaje y generar barreras o mayores niveles de resistencia para el desplazamiento de la fauna, especialmente en los sectores con mayor presencia de infraestructura vial.

f) Criterios de ponderación de las variables

El Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara tendrá un recorrido inicia en la ciudad de Irapuato, continúa hacia el oeste atravesando parte del estado de Jalisco y finaliza dentro del área metropolitana de Guadalajara.

El trazo ferroviario se incorporó como una variable específica dentro del análisis debido a que constituye el elemento central del proyecto y puede influir directamente en la fragmentación y continuidad del paisaje. Su inclusión permite evaluar la relación de la vía con los parches de hábitat, las zonas de mayor resistencia y los corredores de conectividad identificados a lo largo del área de estudio.

CONSULTA PÚBLICA



Para integrar las variables ambientales y antropogénicas dentro de los modelos, cada una fue reclasificada mediante valores asociados al Modelo de Calidad de Hábitat (MCH) y al Modelo de Resistencia (MDR). En términos generales, la valoración de ambos modelos sigue una lógica inversa: conforme mejoran las condiciones del hábitat aumentan los valores del MCH y disminuyen los del MDR; cuando las condiciones son menos favorables ocurre lo contrario.

La asignación de estos valores fue realizada por el equipo técnico del proyecto, considerando las características del área de estudio y tomando como referencia antecedentes metodológicos relacionados con conectividad ecológica y superficies de resistencia. Entre ellos se consideró el *Estudio prospectivo para la ubicación de corredores biológicos y el establecimiento de pasos de fauna T5N*, así como otros trabajos enfocados en representar la dificultad de movimiento de las especies a través del paisaje (Hilty et al., 2021; Martínez & Sáinz, 2016).

La valoración de cada variable se realizó de acuerdo con sus propias características. Dependiendo del caso, se consideró el tipo de cobertura o condición del territorio, la distancia respecto a determinados elementos y, cuando correspondía, la superficie ocupada. De esta manera, los rangos y valores asignados no fueron iguales para todas las variables, sino que se definieron de acuerdo con el efecto que cada una puede tener sobre la calidad del hábitat y el desplazamiento de la fauna.

Las clases, intervalos y valores asignados para el MCH y el MDR se presentan de manera detallada en el ANX.XI. Corredores Biológicos.

CONSULTA PÚBLICA



III.10.3. Metodología para la construcción de la red de conectividad

La construcción de la red de conectividad ecológica se realizó mediante la integración de distintos modelos y capas del paisaje. El proceso incluyó la generación del Modelo de Hábitat Idóneo (MHI), el Modelo de Calidad de Hábitat (MCH) y el Modelo de Resistencia (MDR), a partir de los cuales se delimitaron los parches de hábitat y se modelaron las conexiones potenciales entre ellos.

Con estos insumos se obtuvieron los corredores de menor costo y las superficies de costo acumulado, que posteriormente se integraron con los parches para representar la red de conectividad ecológica del área de estudio.

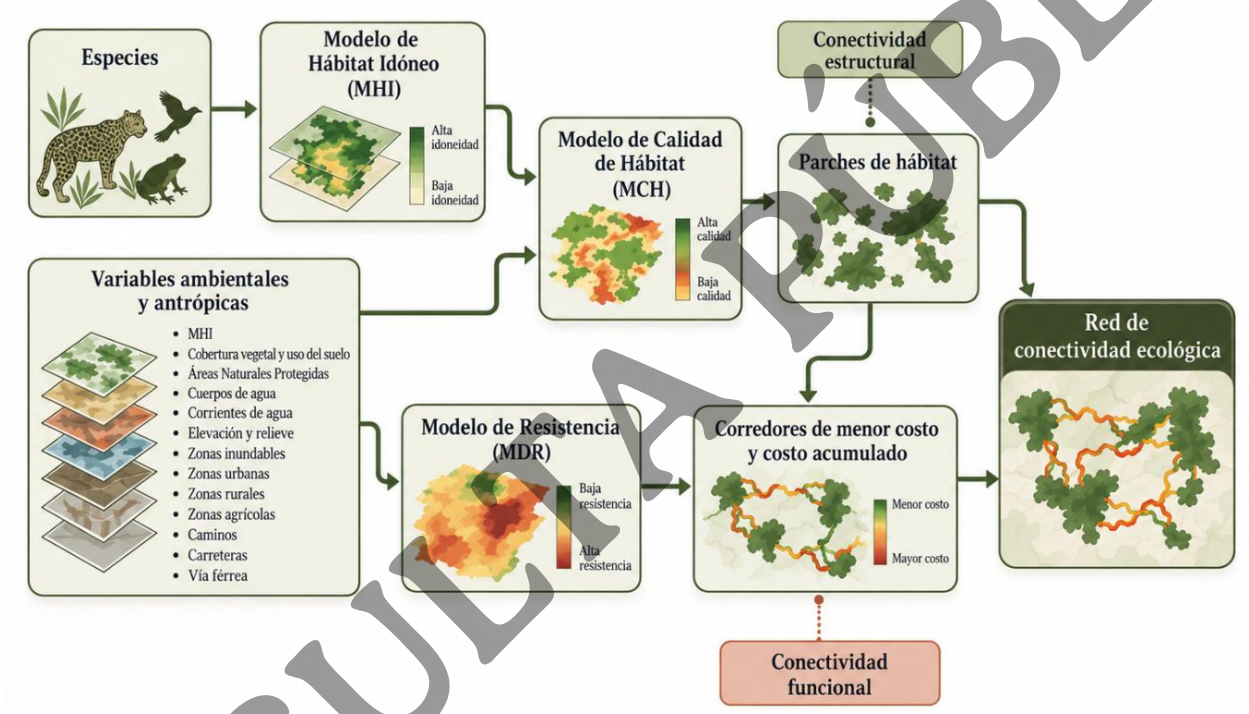


Figura III.291. Esquema general para la construcción de la red de conectividad ecológica. Elaboración propia.

a) Modelo de Hábitat Idóneo (MHI)

Los Modelos de Hábitat Idóneo (MHI) permiten identificar las zonas que presentan condiciones ambientales favorables para la presencia de una especie. Estos modelos se generan a partir de la relación entre registros conocidos de presencia y distintas variables ambientales, mediante herramientas de modelación de nicho ecológico como Maxent (Soberón & Nakamura, 2009; Phillips et al., 2006).

Para este análisis se utilizaron los MHI previamente generados para las 12 especies de mamíferos medianos y grandes seleccionadas para el proyecto. Cada modelo presentaba valores continuos entre 0 y 1, donde los valores más altos corresponden a condiciones más favorables para la presencia de cada especie.

CONSULTA PÚBLICA



Con el fin de contar con un solo insumo que representara al conjunto de especies, los modelos individuales se integraron en un MHI promedio. De esta manera fue posible identificar aquellas zonas donde coinciden condiciones favorables para un mayor número de especies y evitar que el análisis de conectividad dependiera únicamente de una especie en particular.

Para obtener este modelo integrado, cada MHI se reclasificó en dos grupos. Las condiciones poco óptimas y subóptimas recibieron un valor de 0, mientras que las condiciones óptimas y muyóptimas, correspondientes a valores mayores a 0.5, recibieron un valor de 100. Posteriormente, los modelos reclasificados se sumaron y el resultado se dividió entre el número total de especies consideradas, obteniendo un MHI promedio con valores entre 0 y 100.

En el resultado final, los valores más altos indican una mayor coincidencia de condiciones favorables para las especies analizadas. Este modelo se utilizó posteriormente como uno de los insumos para la construcción del Modelo de Calidad de Hábitat (MCH).

b) Modelo de Calidad de Hábitat (MCH)

El Modelo de Calidad de Hábitat (MCH) representa la aptitud del territorio para mantener condiciones favorables para las especies consideradas. Para su construcción se integraron el Modelo de Hábitat Idóneo (MHI), las variables ambientales y las variables asociadas a actividades e infraestructura de origen antrópico.

Dentro de las variables ambientales se incluyeron el Uso de Suelo y Vegetación (**USV**), cuerpos de agua (**CA**), corrientes superficiales (**CORR**), zonas inundables (**ZI**), Áreas Naturales Protegidas (**ANP**) y el Modelo Digital de Elevación (**MDE**). Por su parte, las variables antropogénicas correspondieron a zonas rurales (**ZR**), zonas urbanas (**ZU**), caminos (**CAM**), carreteras (**CAR**), zonas agrícolas (**ZA**) y el trazo ferroviario (**TM**). Todas estas capas fueron procesadas y reclasificadas previamente de acuerdo con los criterios de ponderación definidos para el análisis.

La integración se realizó mediante álgebra de mapas. El MHI y el USV recibieron un peso mayor respecto al resto de las variables, mientras que en aquellas representadas tanto por distancia como por superficie se utilizó el promedio de ambos componentes, con el fin de evitar que una misma variable tuviera una influencia duplicada dentro del modelo.

La suma de todas las capas permitió obtener el MCH final, donde los valores más altos corresponden a zonas con mejores condiciones de hábitat para el conjunto de especies analizadas.

CONSULTA PÚBLICA





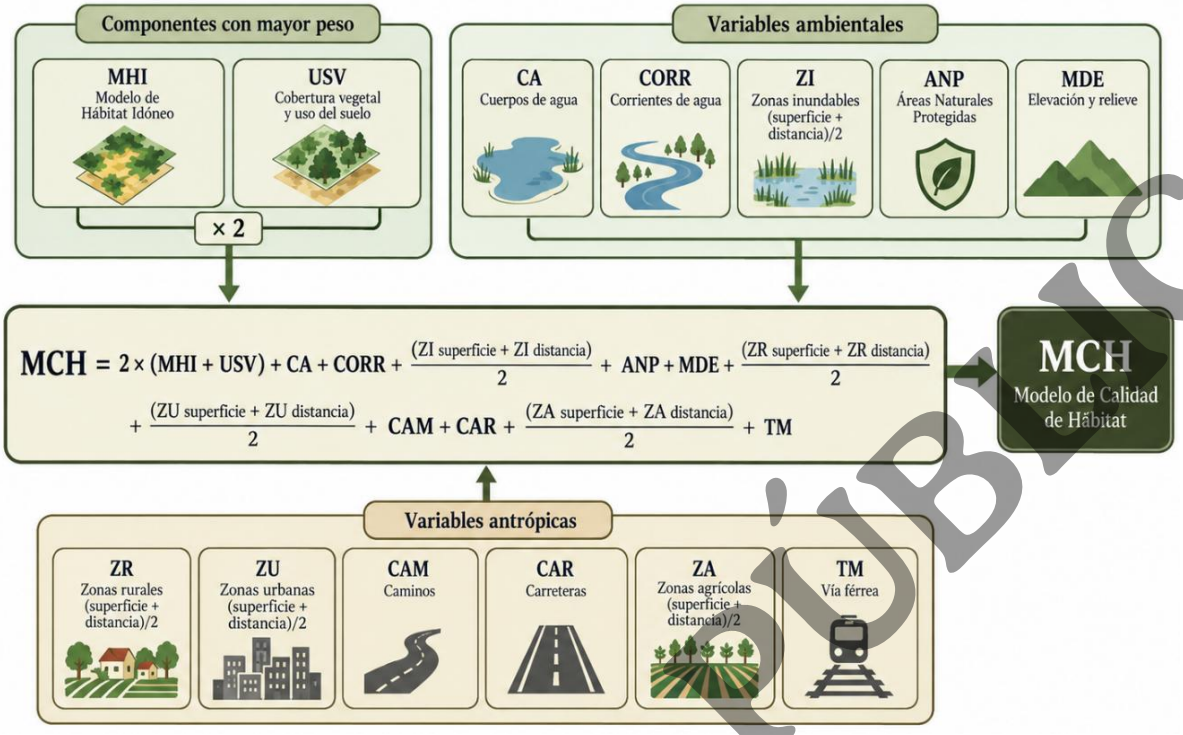


Figura III.292. Integración de variables para la construcción del MCH.
*Las variables representadas por superficie y distancia se integran mediante el promedio de ambos componentes. Elaboración propia.

c) Parches de hábitat

Los parches de hábitat corresponden a las zonas del territorio que presentan las mejores condiciones dentro del Modelo de Calidad de Hábitat (MCH). Su delimitación permite identificar las áreas con mayor calidad relativa y utilizarlas posteriormente como puntos de referencia para modelar la conectividad entre ellas.

Para obtenerlos, los valores del MCH se dividieron en ocho cuantiles y se seleccionó el cuantil más alto, correspondiente a las zonas con mejores condiciones de hábitat. A partir de esta selección se generaron los parches y posteriormente se aplicaron dos criterios de filtrado: su cercanía con el proyecto y su superficie. Se conservaron únicamente aquellos ubicados dentro de un radio de 50 km respecto al trazo ferroviario y con una extensión mayor a 100 ha.

Los parches seleccionados se utilizaron como áreas núcleo dentro del análisis de conectividad, funcionando como puntos de origen y destino para modelar las conexiones potenciales a través del paisaje y obtener posteriormente los corredores de menor costo.

CONSULTA PÚBLICA





d) Modelo de Resistencia (MDR)

El Modelo de Resistencia (MDR) permite representar qué tan difícil puede resultar el desplazamiento de la fauna a través del paisaje. En este modelo, los valores bajos corresponden a zonas que ofrecen menor resistencia al movimiento, mientras que los valores altos indican sectores donde las condiciones del territorio pueden dificultar en mayor medida el desplazamiento entre los parches de hábitat.

Para su construcción se utilizaron las mismas variables ambientales y antropogénicas consideradas en el Modelo de Calidad de Hábitat (MCH), pero aplicando una lógica inversa en la asignación de valores. Así, las condiciones asociadas con una mayor calidad de hábitat presentan menores valores de resistencia, mientras que aquellas menos favorables reciben valores más altos.

Una vez reclasificadas, las variables se integraron mediante la herramienta Resistance and Habitat Calculator, incluida en Gnarly Landscape Utilities, con la que se obtuvo una superficie continua de resistencia para toda el área de estudio.

Este modelo se utilizó posteriormente junto con los parches de hábitat para analizar las conexiones entre las áreas núcleo. A partir del MDR se estimó el costo de desplazamiento a través del paisaje y se identificaron las rutas con menor resistencia acumulada, empleadas después para la obtención de los corredores de menor costo.

e) Corredores de menor costo y costo acumulado

Los corredores de menor costo representan las rutas potenciales de desplazamiento entre los parches de hábitat. Para su obtención se utilizaron como insumos los parches de hábitat y el Modelo de Resistencia (MDR), los cuales fueron procesados mediante Linkage Mapper.

A partir de estos insumos, la herramienta identifica para cada par de parches la trayectoria que acumula la menor resistencia posible. Esta ruta corresponde al eje principal de conexión entre las áreas núcleo y permite reconocer los sectores del paisaje donde el desplazamiento podría resultar menos costoso.

Además de la ruta de menor costo, se generó una superficie de costo acumulado, de esta manera, no solo se identifica una ruta puntual, sino también un área más amplia dentro de la cual pueden existir alternativas de movimiento con diferentes niveles de resistencia.

Para delimitar esta superficie se utilizó un umbral de truncamiento de 40,000 unidades de distancia ponderada por costo. Este valor permitió mantener una amplitud suficiente alrededor de las rutas principales sin extender los corredores hacia zonas con niveles de resistencia demasiado altos.

La selección de este umbral consideró el rango de resistencia obtenido, la fragmentación presente dentro del área de estudio y la escala regional del proyecto, buscando conservar conexiones potenciales incluso en sectores donde la continuidad del paisaje se encuentra más limitada por áreas urbanas, agrícolas o infraestructura.

CONSULTA PÚBLICA



III.10.4. Resultados de la modelación de conectividad

En este apartado se presentan los principales resultados que se obtuvieron a partir de los modelos que se realizaron para construir la red de conectividad. Se muestran los resultados del MHI, MCH, los parches de hábitat, el MDR, los corredores de menor costo y costo acumulado, y finalmente su integración para representar la red de conectividad ecológica del área de estudio.

a) Modelo de Hábitat Idóneo (MHI)

Los valores del MHI dentro del área de estudio van de 0 a 90. En las zonas del trazo ferroviario, estos valores se concentran principalmente por debajo de 10, mostrando un comportamiento bastante homogéneo a lo largo del recorrido, situación que se repite en los sitios aledaños al trazo y en distintas zonas.

Los valores más altos se localizan principalmente hacia las partes noreste y sureste del área de estudio. En las zonas próximas a la vía férrea, los valores ligeramente más altos se observan hacia la parte este del tramo, en dirección sur, en el entorno de la ANP estatal Sierra de Pénjamo. En general, el tramo ferroviario se desarrolla sobre zonas con valores bajos de MHI, mientras que las condiciones más favorables se concentran principalmente hacia sectores más alejados de la vía.

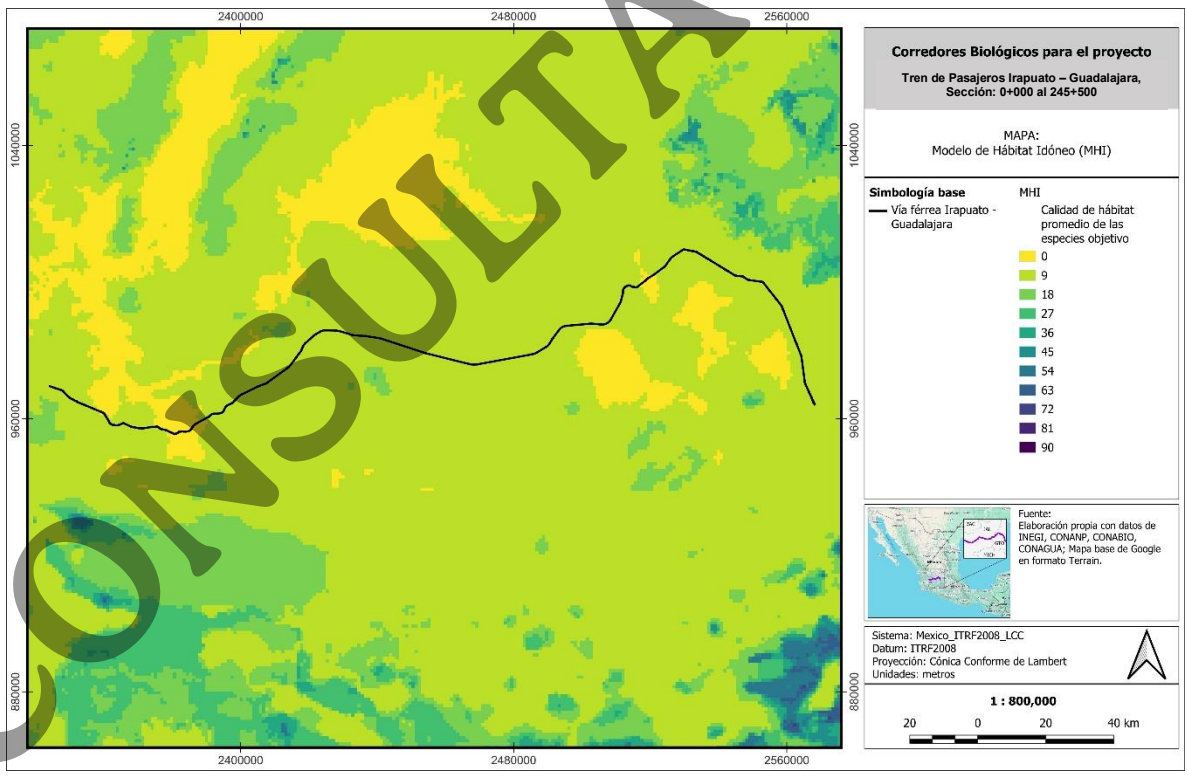


Figura III.293. Modelo de Hábitat Idóneo (MHI). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

b) Modelo de Calidad de Hábitat (MCH)

Los valores del Modelo de Calidad de Hábitat se encuentran entre 533 y 1,216. Los valores más bajos se concentran principalmente en las zonas urbanas que atraviesa el tramo, especialmente en Irapuato y León, así como en el espacio que conecta ambas ciudades, donde también se presentan varias localidades rurales y zonas agrícolas. Hacia el extremo oeste, los valores bajos se observan principalmente en el Área Metropolitana de Guadalajara.

De manera general, a lo largo del trazo ferroviario y en sus zonas cercanas se observa una franja con valores relativamente bajos de calidad de hábitat.

Los valores más altos que se encuentran cercanos al tramo se localizan, en la parte este, en zonas asociadas con las ANP estatales Cerro de las Arandas, en el municipio de Irapuato; Cerro del Cubilete, en Silao de la Victoria; y Sierra de Lobos, en los municipios de León y San Felipe, todos pertenecientes al estado de Guanajuato.

En la parte oeste también destacan valores altos, como lo es la zona que corresponde al ANP estatal Barrancas de los ríos Santiago y Verde, siendo en el límite de Tonalá y Zapotlanejo donde esta área alcanza a cruzar el tramo ferroviario. Finalmente, hacia el extremo oeste se observan valores altos en el entorno del ANP federal La Primavera.

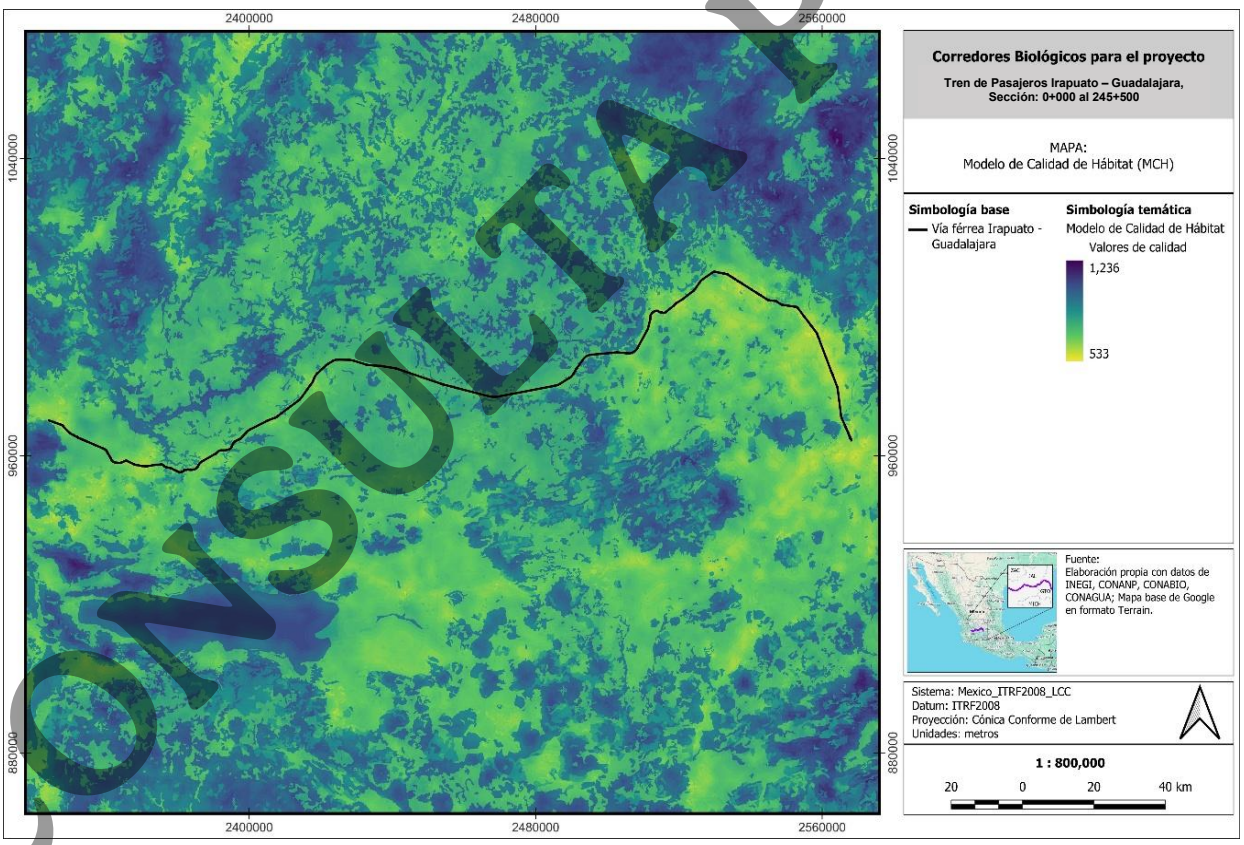


Figura III.294. Modelo de Calidad de Hábitat (MCH). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

c) Parches de hábitat

Dentro de un radio de 50 km respecto a la vía férrea y considerando únicamente los parches con una superficie mayor a 100 ha, se seleccionaron un total de 94 parches de hábitat a lo largo del tramo ferroviario.

La mayor concentración se localiza hacia la parte este del proyecto, en dirección norte, principalmente en zonas asociadas con las ANP estatales Cerro del Cubilete, en el municipio de Silao de la Victoria, y Sierra de Lobos, en los municipios de León y San Felipe, Guanajuato.

Otro grupo importante de parches se observa también en la parte este, pero hacia el sur, principalmente en el entorno de la ANP estatal Sierra de Pénjamo, en los municipios de Pénjamo y Manuel Doblado, Guanajuato.

Hacia la parte oeste del tramo se identifican parches tanto al norte como al sur. Entre los más cercanos al extremo oeste destaca, en la parte sur, el parche asociado con el ANP federal La Primavera, localizada en los municipios de Zapopan, Tala y Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

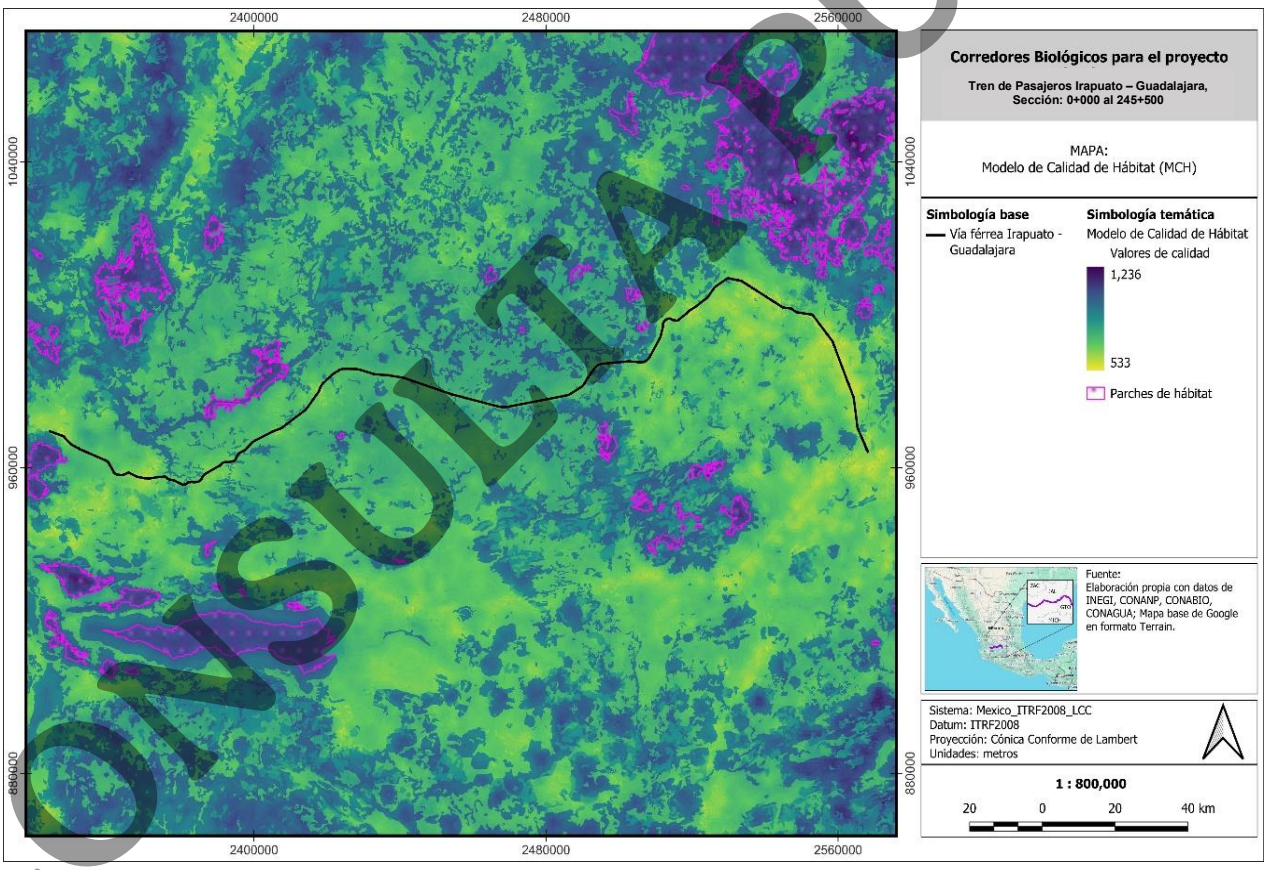


Figura III.295. Parches de hábitat. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

d) Modelo de Resistencia (MDR)

Los valores de resistencia se distribuyen a lo largo de toda el área de estudio. De manera particular, se observa una franja de mayor resistencia que sigue buena parte del recorrido de la vía férrea. Esta franja coincide principalmente con zonas agrícolas, localidades rurales y áreas urbanas presentes a lo largo del tramo.

Entre las zonas con mayor resistencia destacan Irapuato y León, en el extremo este, así como el Área Metropolitana de Guadalajara, en la parte oeste. En general, las zonas cercanas al trazo presentan una mayor concentración de elementos asociados con la transformación del paisaje, lo que se refleja en valores más altos dentro del modelo.

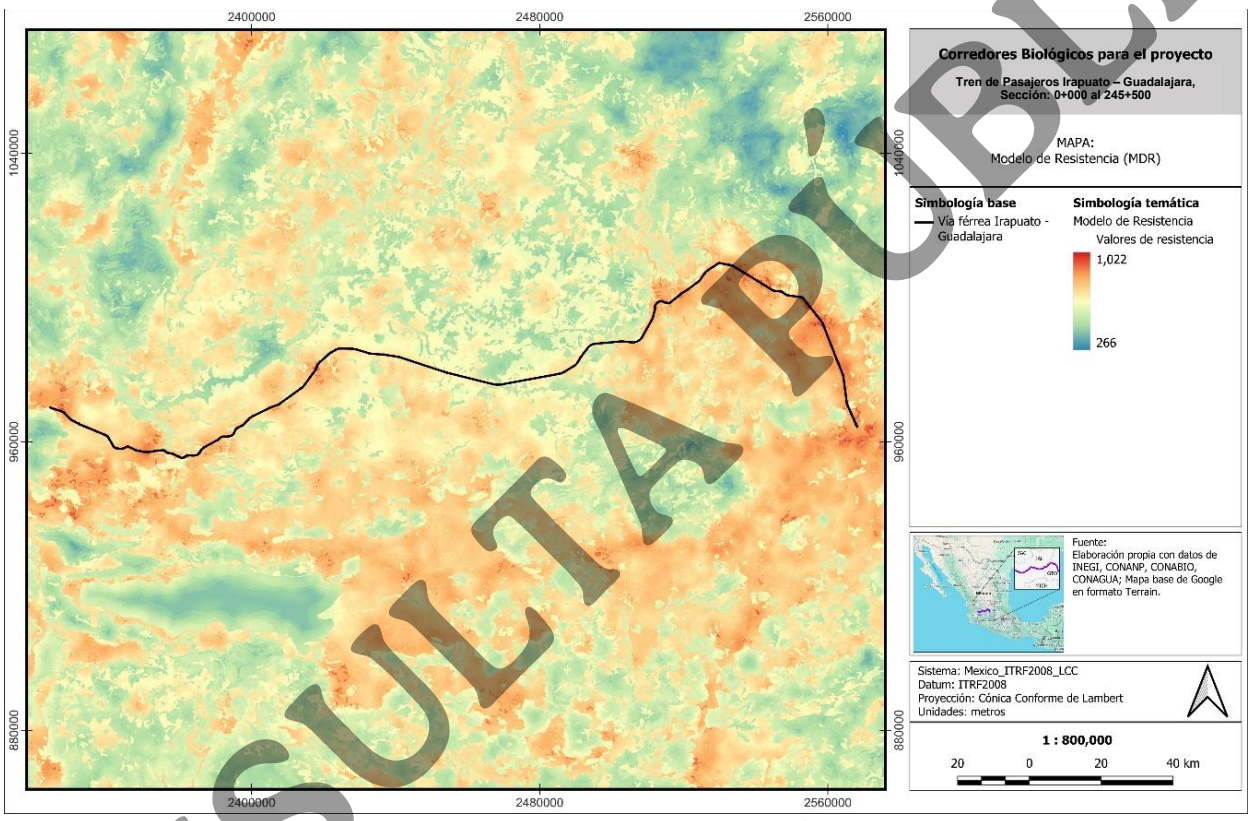


Figura III.296. Modelo de Resistencia (MDR). Elaboración propia.

e) Corredores de menor costo y costo acumulado

Se identificaron 15 corredores de menor costo que cruzan la vía férrea a lo largo del tramo Irapuato–Guadalajara.

En la parte este del área de estudio, varios corredores conectan los parches localizados al norte del trazo, principalmente los asociados con las ANP estatales Sierra de Lobos y Cerro del Cubilete, con los parches ubicados al sur, correspondientes principalmente a Cerro de Arandas y Sierra de Pénjamo. Debido a que la vía férrea se encuentra entre ambos grupos de

CONSULTA PÚBLICA

parches, estas conexiones atraviesan el tramo para mantener la continuidad entre las zonas del norte y del sur.

Un poco más hacia el oeste se observa una situación similar, donde los parches ubicados al norte, asociados con el ANP estatal Cerro del Palenque, en el municipio de Purísima del Rincón, se conectan con los parches localizados al sur, principalmente los correspondientes a la Sierra de Pénjamo.

Hacia el extremo oeste del tramo, también se presentan conexiones entre los parches localizados al norte y al sur de la vía férrea. En esta zona destacan los parches asociados con el ANP federal C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit y con diferentes sectores del ANP estatal Barranca del Río Santiago, que se conectan con los parches correspondientes al ANP federal La Primavera.

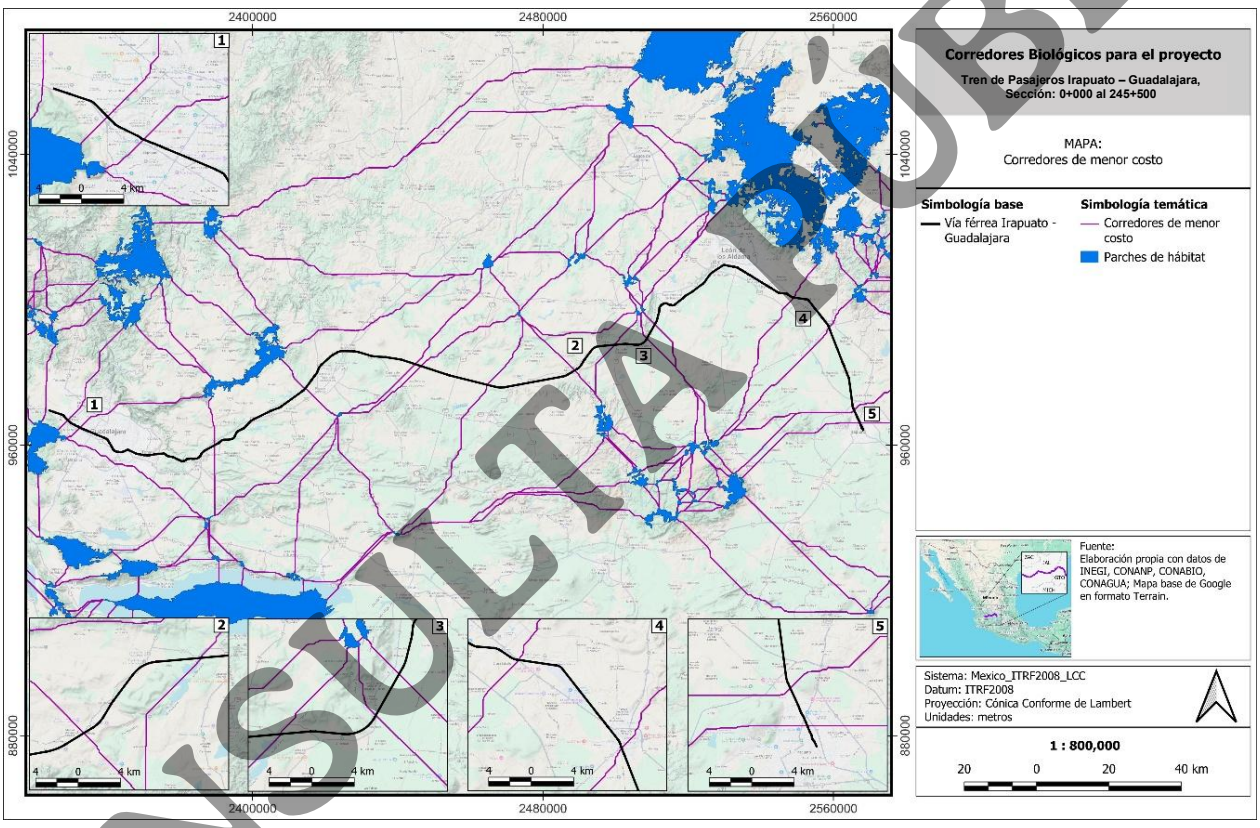


Figura III.297. Corredores de menor costo. Elaboración propia.

En cuanto al costo acumulado, las superficies más amplias que cruzan la vía férrea se localizan principalmente hacia los extremos oeste y este del tramo. Estas corresponden a las zonas señaladas en los mapas anteriores, ubicadas en los municipios de Zapopan en Jalisco, Purísima del Rincón y Silao de la Victoria en el estado de Guanajuato, respectivamente.

Estas zonas presentan una mayor amplitud alrededor de las rutas de menor costo, lo que indica la presencia de áreas más extensas con posibles alternativas de desplazamiento entre los parches conectados.

CONSULTA PÚBLICA

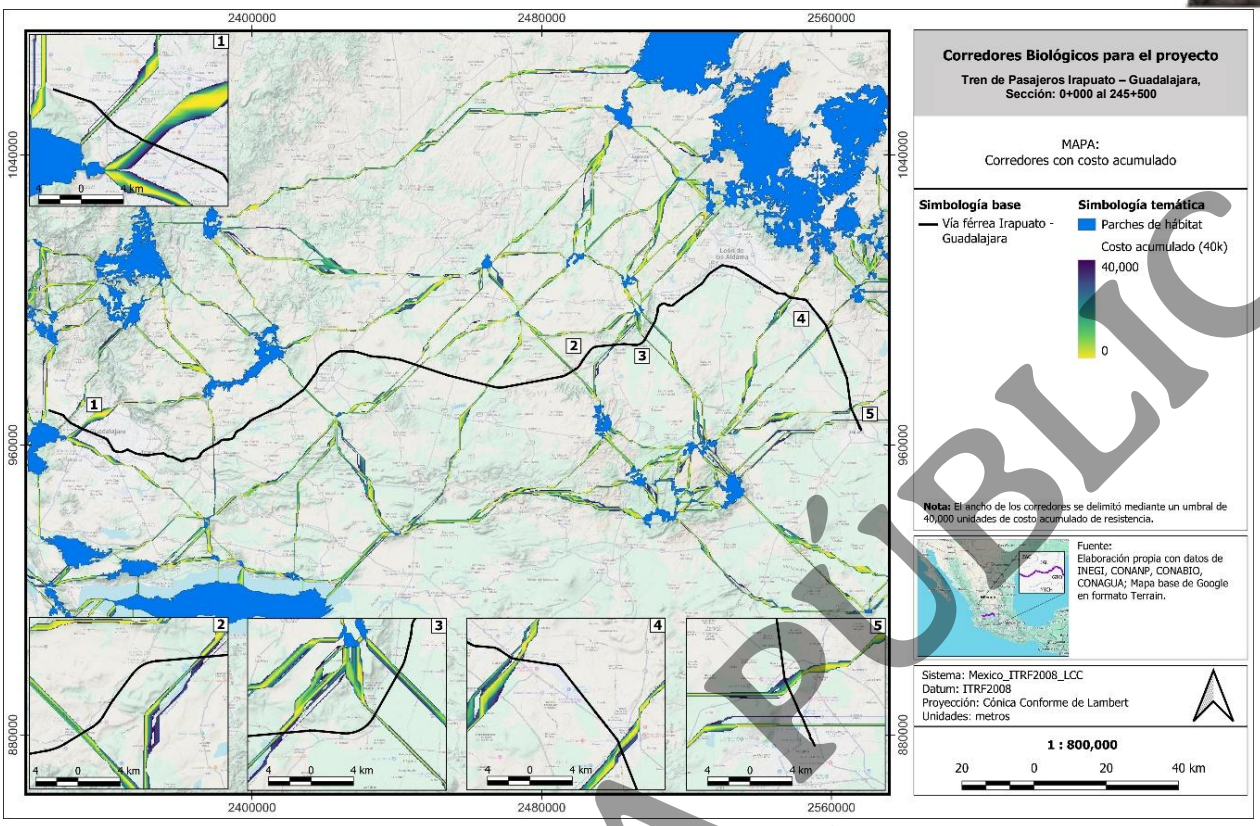


Figura III.298. Corredores con costo acumulado. Elaboración propia.

f) Integración de la red de conectividad ecológica

La red de conectividad ecológica se integró a partir de los parches de hábitat, los corredores de menor costo y las superficies de costo acumulado. Los parches representan las zonas con mejores condiciones de hábitat dentro del área de estudio, mientras que los corredores permiten identificar las conexiones potenciales entre ellas.

Al analizar ambos elementos en conjunto, se observa una red formada por parches ubicados al norte y sur del trazo ferroviario, conectados mediante distintas rutas que en varios puntos cruzan la vía. Las principales conexiones se concentran hacia los extremos este y oeste del tramo, donde también se identificaron algunos de los corredores con mayor amplitud de costo acumulado.

En la parte este destacan las conexiones entre los parches asociados con Sierra de Lobos, Cerro del Cubilete, Cerro de Arandas, Cerro del Palenque y Sierra de Pénjamo. Hacia el oeste, la red se relaciona principalmente con los parches correspondientes a Barranca del Río Santiago, C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit y La Primavera.

Esta integración permite observar de manera conjunta la conectividad estructural, representada por los parches de hábitat, y la conectividad funcional potencial, representada por las rutas que los conectan. A partir de estos resultados es posible identificar las zonas de mayor interés para mantener la continuidad ecológica a lo largo del tramo ferroviario.

CONSULTA PÚBLICA

III.10.5. Zonas de interés para la continuidad de la conectividad

A partir de los resultados obtenidos en los distintos modelos, las principales zonas de interés se concentran hacia los extremos este y oeste del tramo ferroviario. En estos sectores coinciden varios elementos favorables para la conectividad, entre ellos la presencia de parches de hábitat y corredores de menor costo que cruzan la vía para conectar áreas ubicadas al norte y al sur del trazo.

Al mismo tiempo, estos extremos presentan una mayor concentración de zonas urbanas. En la parte este destacan Irapuato y León, mientras que en la parte oeste se localiza el Área Metropolitana de Guadalajara. La presencia de estos centros urbanos, junto con la infraestructura asociada, genera una mayor transformación del paisaje justo en sectores donde también se concentran conexiones importantes entre parches de hábitat.

Por esta combinación de condiciones, ambos extremos del tramo representan zonas prioritarias para revisar con mayor detalle la continuidad de la conectividad ecológica y la relación de los corredores identificados con la vía férrea. Estas áreas sirven como base para orientar posteriormente la identificación de sitios donde podrían considerarse medidas de mitigación o pasos de fauna.

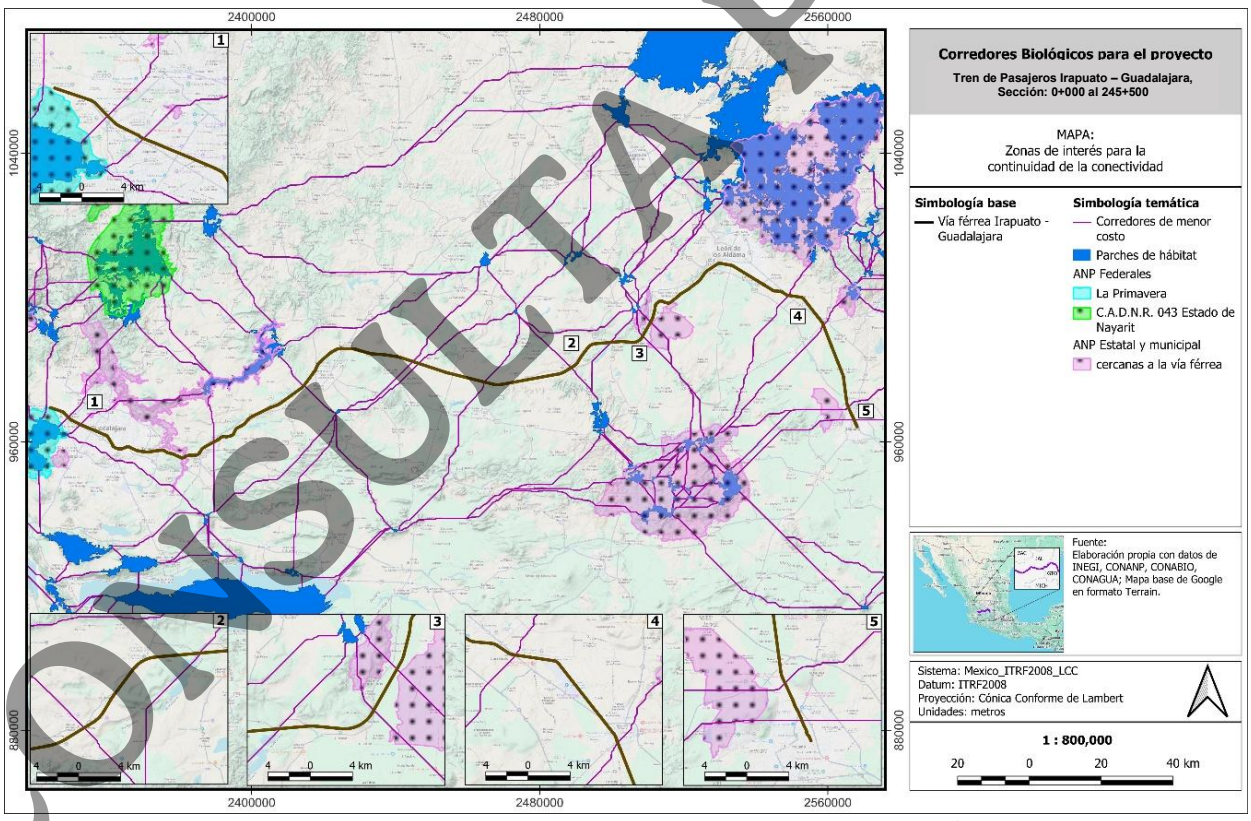


Figura III.299. Zonas de interés para la continuidad de la conectividad. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Con base en el análisis anterior, se identificaron los siguientes puntos de interés para la conectividad biológica para la adecuación de obras de drenaje u otras obras para la adecuación como pasos de fauna.

Tabla III.245. Puntos de interés para las adecuaciones de obras a pasos de fauna conforme al estudio de conectividad. Elaboración propia.

Corredores biológicos	Cadenamiento
1	2+120
2	6+000
3	30+080
4	43+680
5	92+800
6	97+280
7	106+950
8	121+050
9	145+900
10	165+100
11	166+800
12	202+400
13	234+790
14	242+850

No obstante, conforme se realicen los recorridos en campo y corroboración de estos corredores, es posible que se identifiquen más áreas potenciales en las que se puedan adecuar obras de drenaje transversal (ODTs), así como otras obras transversales.

CONSULTA PÚBLICA





III.11. PAISAJE

A continuación, se presenta el análisis de la Región Ecológica (RE) respecto a: **la visibilidad, la fragilidad del paisaje y la calidad paisajística.**

1. **La visibilidad** se entiende como el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada.

2. **La fragilidad del paisaje** (relacionado a la resiliencia) es la capacidad de este para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos. Los elementos que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura, y los elementos antrópicos presentes que participan del escenario.

3. **La calidad paisajística** incluye tres aspectos de percepción:

- Características intrínsecas del sitio,

- Calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia corta y,

- Calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto que llega al horizonte. Incluye parámetros como: intervisibilidad, altitud, formaciones vegetales, su diversidad y geomorfológicos.

III.11.1. Calidad paisajística

Las unidades de paisaje se construyeron a partir del análisis y sobreposición de diferentes mapas temáticos que condicionan las vistas y las unidades reconocibles que son un conjunto de características del medio abiótico, biótico y antrópico, esta regionalización se realizó a partir de los siguientes criterios:

Unidades Geomorfológicas (topoformas). Estas son la síntesis de unidades de relieve y de materiales y suelos geológicos, debido a que estas están relacionadas a la topografía pendiente y materiales sobre los cuales se establecen y procesos edáficos que soportan las comunidades de vegetación, conforma la base estructural de las unidades.

Unidades de vegetación. Los tipos de vegetación y sus diferentes estatus de conservación o de sucesión reconocibles como versiones de vegetación secundaria del tipo de vegetación principal, alimentan la capa visible al espectador, la homogeneidad, rareza, disposición y especies de los diferentes tipos de vegetación y son identificable en la carta de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI Serie VII.

CONSULTA PÚBLICA





Unidades de uso de suelo y actividades humanas. Un aspecto esencial para el reconocimiento de miradores o puntos de apreciación del paisaje, son los espacios que a escala humana pueden ser usados para tal fin.

Unidades de hidrología superficial. Los cuerpos de agua en muchas de sus formas ya sean ríos, arroyos, lagunas, lagos, estanques, canales, etc., son generalmente un atractivo turístico agradable a la vista, son en cierta forma sinónimos de vida. Pero en los aspectos estructurales del paisaje, son los que definen la vida y los tipos que pueden habitarlos.

Una vez definidas y caracterizadas las unidades paisajísticas (UP) visibles, para el análisis de la calidad y la fragilidad se siguió el siguiente procedimiento.

Se consideraron los atributos paisajísticos (AtP) dentro de la RE y la escala de calidad visual o escénica propuesta por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA 1974; citado en Canter 1998). Los atributos, se adecuaron al tipo de proyecto y área de estudio a través de **álgebra de mapas mediante el SIG QGis®.** El USDA define tres clases de variedad o de calidad escénica según los atributos biofísicos de un territorio, para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes: morfología o topografía, vegetación, fauna, hidrología, urbanización. A continuación, se presentan los calificadores y posibles clases de calidad paisajística:

Clase alta: valores de 7.
Clase media: valores de 5-6.
Clase baja: valores de 3-4.
Clase muy baja: valores de 2 o menores.

Para fines del proyecto, se utilizó la siguiente nomenclatura para los atributos de paisaje, los siguientes: *(AtP1) morfología o topografía, (AtP2) vegetación y ecosistemas, (AtP3) uso de suelo agrícola y pecuario, (AtP4) presencia de agua y (AtP5) grado de urbanización*, este último constituye un factor extrínseco, pero se consideró para determinar en qué grado el factor humano afecta las características del paisaje. De esta forma se evalúan los elementos que intervienen en la formación del paisaje, es decir, aquellos que definen su calidad visual intrínseca. La asignación de los valores a los atributos paisajísticos (AtP) se hizo mediante juicios subjetivos del equipo de especialistas que elaboró el estudio de impacto ambiental, para lo cual se consideró la información que se recabó durante los recorridos de campo. Se enfatiza que la valoración de paisaje corresponde al área circundante al proyecto.

Con base en lo anterior, se presentan los calificadores para cada uno de los atributos del paisaje analizados:

AtP1 – Geomorfología o topografía:

- Cuerpos de agua (3 puntos): incluye cuerpos de aguas continentales y ríos.
- Sierras (3 puntos): incluye domo volcánico, escudo volcanes, sierra alta, sierra alta con mesetas, sierra alta escarpada, sierra alta escarpada con mesetas, sierra baja, sierra baja escarpada, sierra con laderas de escarpa de falla, sierra con laderas de escarpada de falla con mesetas, sierra volcánica con estrato volcanes, sierra volcánica de laderas escarpadas, sierra volcánica de laderas tendidas y sierra volcánica de laderas tendidas con mesetas.
- Lomerío (2 puntos): incluye lomerío de aluvión antiguo, lomerío de aluvión antiguo con mesetas, lomerío de basalto, lomerío de basalto con cañadas, lomerío de pie de monte y lomerío de tobas con cañadas.

CONSULTA PÚBLICA





- Llanura, valle y meseta (1 punto): incluye llanura desértica, llanura aluvial de piso rocoso o cementado, llanura de piso rocos y cementado, llanura desértica, llanura desértica con cañadas de piso rocoso o cementado, llanura desértica de piso rocoso o cementado, meseta basáltica, meseta basáltica con cañadas, meseta basáltica con lomerío, meseta basáltica escalonada, meseta disectada y meseta típica; valle de laderas escarpadas con lomerío, valle de laderas tendidas y valle típico.

AtP2 – Vegetación y ecosistemas:

- Vegetación en estado sucesional primario (4 puntos): se incluye bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de táscate, matorral crasicaule, mezquital xerófilo, pastizal halófilo, pastizal natural, selva baja caducifolia, vegetación halófila-hidrófila.
- Vegetación en estado sucesional secundario (3 puntos): se incluye vegetación secundaria arbórea, arbustiva y herbácea de bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de táscate, matorral crasicaule, mezquital xerófilo, pastizal halófilo, pastizal natural, selva baja caducifolia, vegetación halófila-hidrófila.

AtP3 – Uso de suelo agrícola y pecuario:

- Zona de bosque cultivado (2 puntos).
- Zonas de pastizal inducido (2 puntos).
- Zonas agrícolas y pecuarias, ya sean de temporal o permanentes (1 punto): se incluye agricultura de humedal anual, agricultura de riego anual, agricultura de riego anual y permanente, agricultura de riego anual y semipermanente, agricultura de riego permanente, agricultura de riego semipermanente, agricultura de riego semipermanente y permanente, agricultura de temporal anual, agricultura de temporal anual y permanente, agricultura de temporaral anual y semipermanente, agricultura de temporal permanente, agricultura de temporal semipermanente, pastizal inducido, y pastizal cultivado.

AP4 – Presencia de cuerpos de agua:

- Cuerpos de agua dulce superficial perenne e intermitente (4 puntos): incluye ríos, lagos y corrientes intermitentes.

AtP5 – Grado de urbanización: 0 puntos: incluye asentamientos humanos, sin vegetación aparente y desprovisto de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA





Como parte de este análisis, se generaron 4 **unidades paisajísticas** como se muestra a continuación:

Tabla III.246. Clases y descripción de las unidades paisajísticas. Elaboración propia.

Nombre de la unidad paisajística	Unidad paisajística	Superficie (m^2)	Descripción
Cañones, depresiones y sierras con cuerpos de agua asociadas a vegetación primaria de clima templado, tropical y pastizales naturales	Alta	1,422,789,088 (7.24 %)	Unidades de paisaje dominadas por cañones, depresiones y sierras con vegetación en estado sucesional primario de bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, vegetación halófila-hidrófila, bosque de pino, matorral crasicaules y pastizales naturales propios para la Región Ecológica, así como áreas asociadas a cuerpos de agua que albergan comunidades vegetales con alto grado de valor paisajístico. **Atributos de paisaje:** - Ecosistemas de alto valor visual por su buen estado de conservación. - Ecosistemas asociados a cuerpos de agua con alto valor visual. - Topografías que representan un atractivo visual por sus formas y figuras en contraste por las topoformas con rasgos planos. -
Cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles con cuerpos de agua, asociados a vegetación en estado sucesional primario y secundario	Media	3,802,977,584 (19.35 %)	Unidades de paisaje dominadas por cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles, así como cuerpos de agua, con vegetación primaria y secundaria de todos los tipos de vegetación presentes en la RE, en donde se ejercen factores de presión que han provocado un grado de deterioro de los ecosistemas, sin alterar de manera significativa su atributo paisajístico. **Atributos de paisaje:** - Ecosistemas de valor visual medio puesto que, a pesar de mantener una estructura visual agradable, también se presentan factores de perturbación como áreas desmontadas y acahualadas. - Ecosistemas asociados a cuerpos de agua con valor visual medio. - Topografías que representan un atractivo visual medio por sus formas y ecosistemas que albergan.
Cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles con cuerpos de agua, asociados a vegetación en estado sucesional secundaria, pastizales inducidos y áreas agrícolas	Baja	10,035,057,890 (51.06 %)	Paisajes dominados por cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles, así como cuerpos de agua que albergan comunidades vegetales con estado sucesional secundaria y grandes zonas agrícolas y pecuarias, así como algunos sitios sin coberturas vegetales. **Atributos de paisaje:** - Ecosistemas de valor visual bajo puesto que presentan estados de degradación avanzados, por lo que es común observar sitios con desmontes y áreas agropecuarias que se perciben como negativas dentro del paisaje. - - Ecosistemas asociados a cuerpos de agua y con valor visual bajo puesto que se encuentran en inmediaciones de áreas agropecuarias que se perciben como negativas dentro del paisaje. - Topografías que representan un atractivo visual bajo por las perturbaciones presentes, así como por su extensión a manera de zonas planas.
Llanuras, lomeríos, mesetas y valles asociados a áreas agrícolas y asentamientos humanos	Muy baja	4,391,006,588 (22.34 %)	Paisajes dominados por llanuras, lomeríos, mesetas y valles que albergan comunidades vegetales grandes zonas agrícolas y pecuarias, así como algunos sitios con desarrollos urbanos. **Atributos de paisaje:** - Ecosistemas de valor visual bajo ya que se tratan de áreas agropecuarias y asentamientos urbanos que se perciben de manera negativo respecto al paisaje. - Topografía plana con extensiones agropecuarias y asentamientos urbanos.

CONSULTA PÚBLICA



b) Visibilidad

A continuación, se describe la visibilidad de las 4 unidades dentro de la Región Ecológica (RE):

- **Cañones, depresiones y sierras con cuerpos de agua asociadas a vegetación primaria de clima templado, tropical y pastizales naturales - Calidad Alta:** Unidades de paisaje dominadas por cañones, depresiones y sierras con vegetación en estado sucesional primario de bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, vegetación halófila-hidrófila, bosque de pino, matorral crasicaules y pastizales naturales propios para la Región Ecológica, así como áreas asociadas a cuerpos de agua que albergan comunidades vegetales con alto grado de valor paisajístico. Esta unidad paisajística abarca el 7.24 % de la RE (1,422,789,088 m^2).

Esta unidad se extiende sobre las zonas mejor conservadas de la Región Ecológica (RE), y sólo atraviesa el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) dentro del ANP Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde.

- **Cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles con cuerpos de agua, asociados a vegetación en estado sucesional primario y secundario – Calidad Media:** Unidades de paisaje dominadas por cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles, así como cuerpos de agua, con vegetación primaria y secundaria de todos los tipos de vegetación presentes en la RE, en donde se ejercen factores de presión que han provocado un grado de deterioro de los ecosistemas, sin alterar de manera significativa su atributo paisajístico. Esta unidad paisajística abarca el 19.35 % de la Región Ecológica (RE) (3,802,977,584 m^2).

Esta unidad se extiende sobre las zonas relativamente conservadas de la Región Ecológica (RE), y sólo atraviesa el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) dentro de diversos puntos que albergan cuerpos de agua y vegetación primaria.

- **Cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles con cuerpos de agua, asociados a vegetación en estado sucesional secundaria, pastizales inducidos y áreas agrícolas – Calidad Baja:** Paisajes dominados por cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles, así como cuerpos de agua que albergan comunidades vegetales con estado sucesional secundaria y grandes zonas agrícolas y pecuarias, así como algunos sitios sin coberturas vegetales. Esta unidad paisajística abarca el 51.06 % de la Región Ecológica (RE) (10,035,057,890 m^2).

Esta unidad se extiende sobre las zonas poco conservadas de la Región Ecológica (RE), y se extiende dentro del Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) dentro de grandes extensiones que atraviesan áreas de cultivo y pecuarias.

- **Llanuras, lomeríos, mesetas y valles asociados a áreas agrícolas y asentamientos humanos - Calidad Muy Baja:** Paisajes dominados por llanuras, lomeríos, mesetas y valles que albergan comunidades vegetales grandes zonas agrícolas y pecuarias, así como algunos sitios con desarrollos urbanos. Esta unidad paisajística abarca el 22.34 % de la Región Ecológica (4,391,006,588 m^2).

CONSULTA PÚBLICA



Esta unidad se extiende sobre las zonas urbanizadas, asentamientos humanos y agropecuarias de la Región Ecológica (RE), y se extiende dentro del Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) principalmente en poblados y ciudades.

A continuación, se presentan los segmentos y cadenamientos por los que atravesará el Área del Proyecto (AP) con respecto a las clases de calidad paisajística determinada.

Tabla III.247. Cadenamientos por los que atraviesa el Área del Proyecto (AP) a las clases de calidad paisajística. Elaboración propia.

Cadenamiento Inicial	ID	Cadenamiento final	Calidad paisajística
0+000	1	4+000	Muy baja
4+000	2	23+900	Baja
23+900	3	24+150	Muy baja
24+150	4	28+7500	Baja
28+750	5	32+120	Muy baja
32+120	6	45+900	Baja
45+900	7	46+150	Muy baja
46+150	8	59+750	Baja
56+750	9	72+350	Muy baja
72+350	10	83+500	Baja
83+500	11	85+650	Muy baja
85+650	12	91+950	Baja
91+950	13	93+400	Muy baja
93+400	14	93+900	Baja
93+900	15	97+500	Muy baja
97+500	16	98+450	Media
98+450	17	99+900	Baja
99+900	18	100+500	Muy baja
100+500	19	102+850	Baja
102+850	20	105+180	Muy baja
105+180	21	106+980	Baja
106+980	22	108+460	Muy baja
108+460	23	109+050	Media
109+050	24	114+500	Muy baja
114+500	25	116+100	Baja
116+100	26	118+800	Muy baja
118+800	27	120+020	Baja
120+020	28	130+510	Muy baja
130+510	29	140+610	Baja
140+610	30	141+700	Media
141+700	31	143+600	Baja
143+600	32	144+350	Media
144+350	33	145+700	Baja
145+700	34	146+330	Media
146+330	35	147+500	Baja
147+500	36	147+600	Media
147+600	37	154+170	Baja
154+170	38	154+700	Media
154+700	39	160+600	Baja
160+600	40	160+950	Media
160+950	41	193+050	Baja
193+050	42	193+380	Media
193+380	43	202+150	Baja
202+150	44	202+450	Media
202+450	45	209+280	Baja
209+280	46	209+660	Media
209+660	47	219+950	Baja
219+950	48	223+100	Muy baja
223+100	49	223+250	Baja
223+250	50	223+900	Muy baja
223+900	51	224+100	Baja
224+100	52	224+470	Muy baja
224+470	53	225+410	Baja
225+410	54	226+250	Muy baja
226+250	55	227+350	Baja
227+350	56	241+650	Muy baja
241+650	57	242+570	Baja
242+570	58	242+950	Alta
242+950	59	245+500	Baja

CONSULTA PÚBLICA





c) Fragilidad

A continuación, se clasifican las unidades paisajísticas por nivel de fragilidad en el marco del presente proyecto y factores de presión actuales que pudieran provocar y/o coadyuvar a una alteración dentro de estas.

Tabla III.248. Unidades paisajísticas y su fragilidad en el marco del proyecto. Elaboración propia.

Nombre de la unidad paisajística	Calificador de la unidad paisajística	Fragilidad ante la ejecución del proyecto	Fragilidad ante otros factores de presión no relacionados con el proyecto
Cañones, depresiones y sierras con cuerpos de agua asociadas a vegetación primaria de clima templado, tropical y pastizales naturales	Alta	**BAJA.** El proyecto ejerce un poco de presión ya que atraviesa específicamente sobre ANP de Barrancas de los Ríos Santiago y Verde. Se destaca que dentro de estas unidades se prevé una afectación mínima por la ejecución del proyecto, además de que se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación alineadas con la CONANP y la SEMADET, con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico por su ejecución.	**ALTA.** La creciente expansión de actividades humanas y las áreas agrícolas y desarrollos inmobiliarios/turísticos, así como vías de comunicación, son factores de presión sobre los cuerpos de agua y vegetación en estado sucesional primario, ya que este tipo de actividades son promotoras de su contaminación y pérdida gradual, así como de la biodiversidad que albergan y los servicios ecosistémicos que ofrecen.
Cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles con cuerpos de agua, asociados a vegetación en estado sucesional primario y secundario	Media	**MEDIA.** El proyecto ejerce presión dentro de esta unidad paisajística puesto que atraviesa una pequeña porción a lo largo del trazo, específicamente sobre cuerpos de agua y vegetación secundaria. Se destaca que dentro de estas unidades no se prevé una gran afectación ya que estas superficies actualmente ya presentan presión por su cambio en el paisaje. Además de que se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico por la ejecución del mismo.	**ALTA.** El desarrollo de las actividades agropecuarias y el cambio de uso de suelo son factores de presión antes esta unidad paisajística. No obstante, estos ecosistemas ya presentan un estado de degradación avanzado, por lo que su transformación ha comenzado hasta áreas más degradadas.
Cañones, llanuras, depresiones, lomeríos, mesetas, sierras y valles con cuerpos de agua, asociados a vegetación en estado sucesional secundaria, pastizales inducidos y áreas agrícolas	Baja	**MEDIA.** El proyecto atraviesa a esta unidad paisajística en gran parte de la RE, en específico sobre zonas agropecuarias. No obstante, los procesos de degradación por cambio de uso de suelo, principalmente la agricultura, ya han generado un impacto considerable sobre esta. No obstante, se implementarán las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias y aplicables para incrementar los impactos ambientales ya ejercidos por factores ajenos al proyecto.	**BAJA.** Estas unidades paisajísticas han presentado cambio sobre sus usos de suelo originales, además de que ya hay extensiones agrícolas y retiro de vegetación que han deteriorado el paisaje.
Llanuras, lomeríos, mesetas y valles asociados a áreas agrícolas y asentamientos humanos	Muy baja	**BAJA.** El proyecto atravesará una gran parte de esta unidad, específicamente sobre núcleos urbanos como el Área Metropolitana de Guadalajara, León e Irapuato. No obstante, los procesos de degradación por cambio de uso de suelo, principalmente por la agricultura y la urbanización, ya han generado un impacto considerable sobre esta. Se considera que estos mismos posibles impactos no ejerzan una mayor afectación a la que existe actualmente.	**BAJA.** Estas unidades paisajísticas han presentado cambio sobre sus usos de suelo originales principalmente por el establecimiento de núcleos poblacionales y agricultura, por lo que su fragilidad paisajística es baja.

CONSULTA PÚBLICA



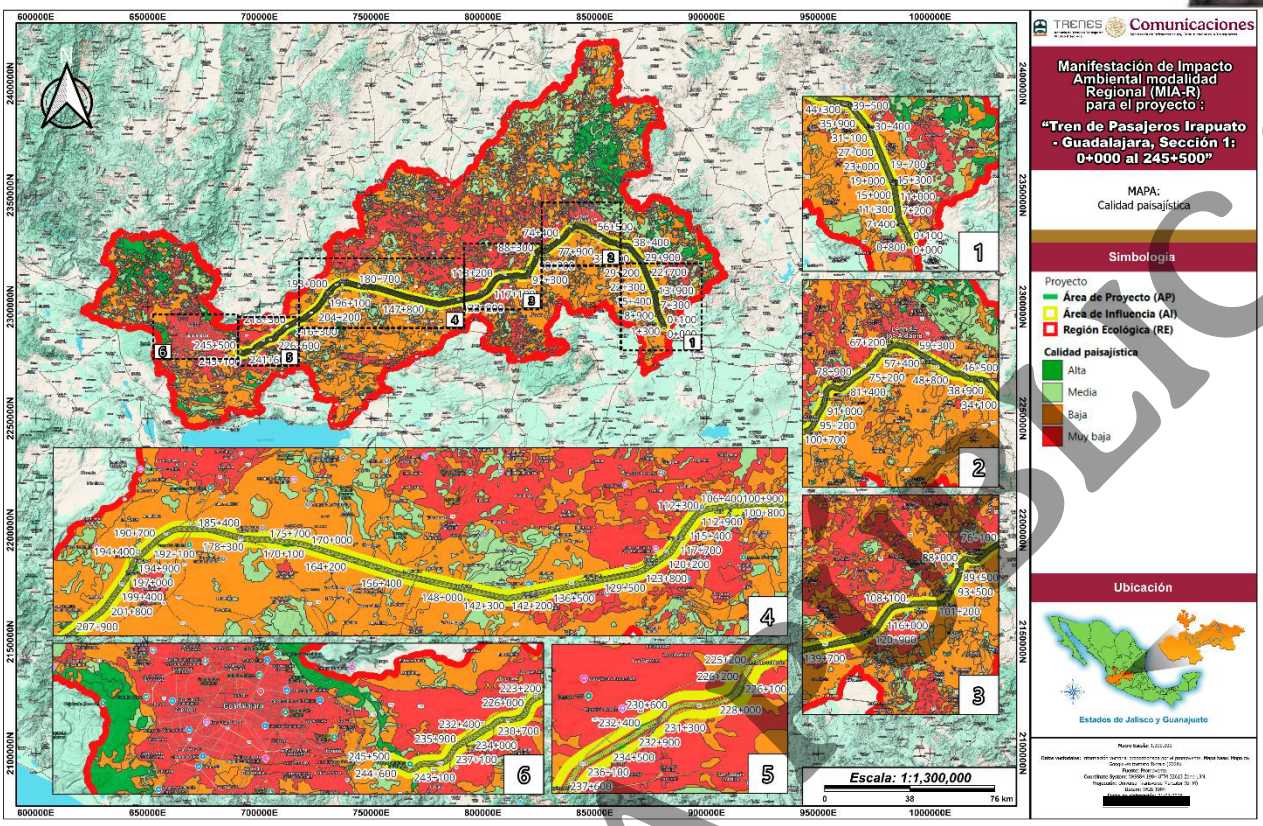


Figura III.300. Calidad y unidades paisajísticas de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



III.12. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En los apartados anteriores se describieron diferentes rasgos distintivos de la Región Ecológica (RE) del proyecto que permiten caracterizarlo y con ello, definir el contexto en el que se insertará el proyecto. A partir de esa caracterización se define a continuación, la situación actual y problemáticas de la RE sin proyecto, así como sus implicaciones en caso de ejecutarse:

III.12.1 Diagnóstico del clima

Dentro de la Región Ecológica (RE) inciden 8 unidades climáticas: 2 semicálidas subhúmedas, 1 cálida subhúmeda, 1 semiárida semicálida, 1 semiárida templada y 3 templadas subhúmedas. De ellas, la unidad climática con mayor superficie en la RE es (A)C(wo) que corresponde a semicálida subhúmeda, con un porcentaje de 38.49% el cual presenta una temperatura media anual mayor de 18°C, con el mes más frío con temperaturas menores a los 18°C y el del mes más caliente mayor a los 22°C, con lluvias con un porcentaje de lluvia en verano entre el 43.2% al 55% del total anual y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual. Y en segundo lugar de ocupación, encontramos a la (A)C(w1) que también corresponde a semicálida subhúmeda con una ocupación del 26.3 % en donde la temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual. El resto de las unidades climáticas presentan incidencias menores al 10 %.

La temperatura anual promedio de 19.18°C, donde el mes más frío corresponde a enero con una temperatura promedio de 14.89°C, mientras que los meses más cálidos son abril y mayo, siendo el mes de mayo en el que se encuentran mayores temperaturas con un promedio de 22.66° C. La temporada de lluvias se presenta entre los meses de junio a septiembre acumulando caso el 83.89 % de la precipitación total, mientras que la precipitación acumulada normal es de 723.52 mm en promedio para las estaciones analizadas. El mes de julio presenta la mayor cantidad de incidencia pluvial, con un valor promedio de 186.47 mm. Por el contrario, el mes más seco es abril, con un valor promedio de 5.86 mm.

Dentro de la Región Ecológico (RE), el riesgo por sequías es predominantemente bajo, específicamente en la parte oeste y centro de la RE, y en la fracción noreste. En el caso del peligro por sequía, se determinó que se siguió un patrón similar al riesgo, en donde en la mayoría de la superficie de la Región Ecológica (RE) se presenta un peligro bajo por sequías, incrementando de oeste a este.

El riesgo por bajas temperaturas (heladas) oscila entre muy bajo y alto, siendo el municipio de Guadalajara el que presenta el peligro más alto. Conforme se avanza de oeste a este, el riesgo se mantiene entre bajo y muy bajo hasta León y municipios aledaños en los que se les considera como medio. Además, se determinó que en su totalidad el peligro por bajas temperaturas (heladas) se considera bajo.

CONSULTA PÚBLICA





El riesgo por ciclones tropicales oscila entre bajo y muy bajo, siendo predominantemente bajo dentro de las áreas urbanas como el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) y el municipio de León. En el caso del peligro por ciclones tropicales, se determinó que se siguió un patrón similar al riesgo, en donde en la mayoría de la superficie de la Región Ecológica (RE) se presenta un peligro muy bajo por ciclones tropicales abarcando un 98.45 %.

El riesgo por granizo es predominantemente bajo y muy bajo, principalmente en las áreas menos pobladas en las dos terceras partes sentido oeste a este, mientras que los municipios aledaños al AM de Guadalajara hasta Tomatlán presentan riesgos entre medios y altos. En el caso del peligro por granizo, dentro de la RE este oscila entre alto y bajo, focalizando las áreas de peligro alto dentro del AM de Guadalajara hasta el municipio de Tototlán, y descendiendo en sentido oeste a este en donde predominan los peligros medios y bajos.

El riesgo por tormentas eléctricas oscila entre muy alto y muy bajo; el AM de Guadalajara se clasifica como con un riesgo muy alto, mientras que para los municipios aledaños es de alto a medio. En la parte central de la RE se mantiene como de medio a bajo, y llegando a León y municipios aledaños se le considera como alto. En el caso del peligro por tormentas eléctricas, dentro de la RE este oscila entre muy alto y bajo, en donde la mayor superficie de esta presenta peligro muy alto con un 73.29 %.

Conforme a la información de los riesgos climáticos y la vulnerabilidad al cambio climático presentada dentro de la RE y área del proyecto, se identificó el nivel de priorización ante la vulnerabilidad al cambio climático que presenta en la actualidad, los cuales se clasifican primer nivel, segundo nivel y tercer nivel de priorización como se muestra a continuación, y por ello, por ello, se determinó que la mayoría de los municipios periféricos a la RE presentó un Prioridad de Primer Nivel, mientras que la parte central de la misma se mantiene sin presentar un nivel de priorización conforme al vector.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

El clima dentro de la Región Ecológica (RE) es uno de los principales factores que originan el establecimiento de los ecosistemas y tipos de vegetación presentes dentro de la misma, además de que, gracias a los patrones de temperatura y precipitación, grandes extensiones son ideales para la agricultura y ganadería. No obstante, a pesar de que actualmente los patrones climáticos pueden calificarse como estables, se identificó la presencia de riesgos y peligros ante eventos extremos que podrían provocar afectaciones a las actividades primarias y a los asentamientos humanos que allí se encuentran, pero que son atenuados gracias a los tipos de vegetación que allí se establecen.

Es por eso por lo que, al mediano y largo plazo, se pudiera provocar un desequilibrio climático por las tasas de cambio de uso de suelo en las que se reemplazan los ecosistemas originales por asentamientos humanos y agricultura, perdiendo su función reguladora del clima, y haciendo más tangible los incrementos en la temperatura y cambios negativos en los ciclos hidrológicos, así como los efectos protectores que ofrecen ante los fenómenos meteorológicos.

CONSULTA PÚBLICA





Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

Debido al cambio de uso de suelo, específicamente por la pérdida de los ecosistemas primarios y deterioro de cuerpos de agua perennes e intermitentes, provocará que los patrones climatológicos actuales remarquen el incremento de la temperatura e irregularicen los ciclos hidrológicos, además de que los riesgos y peligros por eventos extremos presenten un mayor impacto.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el contexto de la ejecución de este proyecto, el cual consiste en la construcción de una Tren de Pasajeros que tendrá una superficie de 10,505,723 m^2, y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tiene previsto dentro de 1,215,863 m^2, lo cual equivale a un 11.57 % de la superficie total requerida para la ejecución de este, lo cual es muy bajo respecto a la totalidad del proyecto. No obstante, al implementarse medidas de prevención, mitigación y compensación, específicamente al reestablecer una cobertura forestal a través de una reforestación y reubicación de flora, se prevé que la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ EL COMPONENTE CLIMÁTICO NI INCREMENTARÁ LA PROBLEMÁTICA YA DETECTADA** siempre y cuando se implementen las medidas ambientales destinadas para no provocar un desequilibrio ecológico.

III.12.2 Diagnóstico de la geología y geomorfología

La Región Ecológica (RE) se encuentra ubicada dentro de las siguientes 3 provincias geológicas de Complejo Orogénico Zacatecano, Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental y Faja Volcánica Transmexicana, presentando una mayor incidencia en la provincia geológica de Faja Volcánica de La Sierra Madre Occidental con 64.34%, seguida del Complejo Orogénico Zacatecano en un 29.52% sobre la superficie total. Respecto a las Provincias y Subprovincias Fisiográficas, incide sobre 3 provincias fisiográficas y 1 cuerpo de agua perenne, de las cuales se encuentra en mayor medida en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico con un 81.59 %, seguida de la Mesa del Centro con un 14.36 %; para las subprovincias fisiográficas, la RE incide sobre 9 de ellas y 1 cuerpo de agua perenne, abarcando una mayor extensión sobre la denominada Altos de Jalisco con un 46.57 % de incidencia, seguida de Bajío Guanajuatense en un 15.91 %, y de Chapala en un 11.23 %.

Respecto a la incidencia por unidad geológica, el 18.78 % corresponde a Basalto-Andesita TmB-A del periodo terciario y en un 11.11% a Arenisca-Conglomerado poligénico Neógeno-Cuaternario. Para el resto de las unidades geológicas se reportaron incidencias menores al 11 %. Además, se incide en 37 topoformas y 1 cuerpo de agua perenne, de la cuales la que tienen mayor incidencia son la Meseta Basáltica de Lomerío con un 18.18 %, seguida de la Llanura Aluvial con un 16.13 % y en tercer lugar el Lomerío de Basalto con un 8.85 % de incidencia. El resto de las topoformas incide en porcentajes menores al 8 %.

También se identificó la presencia de 27 fracturas y 33 fallas; de ellas, las fracturas más comunes son las que corren de noreste a suroeste con 13, seguida de las que van de noroeste a sureste con 9, mientras que para las fallas las más comunes son las que corren de noreste a suroeste con 12 y de este a oeste con 10; un riesgo por hundimiento en una superficie de

CONSULTA PÚBLICA





1,228,293,264 (6.25%), 1,216,147,624 m² presenta un riesgo de hundimiento por colapso o asentamiento superficial del terreno, lo cual corresponde a un 6.19 % de la totalidad de la RE, y 12,145,640 que corresponde al 0.06% de la superficie total corresponde a riesgo por hundimiento debido al movimiento tectónico diferencial.

Para los riesgos geomorfológicos, se identificó que sobre 77,375,194 m² (0.39 %) sobre áreas con peligro de abarrancamiento y en 103,757,630 m² (0.53 %) sobre áreas con peligro de Inundación en llanura de desborde. Por otra parte, el 99.08 % no presente ningún peligro geomorfológico. Por parte del vulcanismo, se identificó que el 82.84 % de su superficie incide sobre la denominada Región Volcánica con seguida de zonas denominadas Volcán Grande en un 3.67 %, dentro del Campo Monomagnético Cuaternario en un 1.57 %, y en el Aparato Volcánico sin Actividad Histórica Reportada en un 0.91 %. En tanto, el 11 % restante no presenta riesgo por vulcanismo.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

La Región Ecológica (RE) presenta una variada topografía por la presencia que va desde cañones, pasando por sierras, lomeríos, cañadas, hasta llegar a sitios más planos como llanuras y valles. En cada uno de ellos se han establecido diferentes usos de suelo, como el establecimiento de agricultura y ganadería, así como asentamientos humanos, en sitios que, por el peso de las infraestructuras, se ha detectado el mayor riesgo y peligro por colapsos y hundimientos. En tanto, otras topoformas aún albergan ecosistemas originales que dan y mantienen la estabilidad dentro de sitios con pendientes escabrosas. Por ello, la tendencia al cambio de uso de suelo en donde se incrementen obras como autopistas, carreteras, asentamientos humanos, y actividades primarias como la agricultura y la ganadería promueven un cambio de las formas geológicas originales, alterando su estabilidad y cambiando su visibilidad dentro de esta RE.

Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

Se determinó que el riesgo los hundimientos y sismos están directamente relacionados con la naturaleza misma de la Región Ecológica (RE), pero los asentamientos humanos, la construcción de casas, edificios y otras infraestructuras sobre una superficie reducida son promotores del incremento de este tipo de accidentes geológicos. Por ello, al incrementar estos núcleos, al mediano y largo plazo los riesgos y peligros serán mayores y más severos, además de que se perderían las coberturas originales que podrían dar estabilidad ante deslaves o derrumbes.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el contexto de la ejecución de este proyecto, el cual consiste en la construcción de una Tren de Pasajeros que tendrá una superficie de 10,505,723 m², y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tiene previsto dentro de 1,215,863 m², lo cual equivale a un 11.57 % de la superficie total requerida para la ejecución de este, lo cual es muy bajo respecto a la totalidad del proyecto. No obstante, al implementarse medidas de prevención, mitigación y compensación, específicamente ejecutar soluciones constructivas para la estabilización de las topoformas, así como acciones que prevengan hundimientos y deslaves, así como colapsos, se prevé que la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ EL COMPONENTE GEOLÓGICO Y**

CONSULTA PÚBLICA





GEOMORFOLÓGICO NI INCREMENTARÁ LA PROBLEMÁTICA YA DETECTADA siempre y cuando se implementen las medidas ambientales destinadas para no provocar un desequilibrio ecológico.

III.12.3 Diagnóstico del suelo

Dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó la incidencia en 17 tipos de suelo y 1 zona identificada como suelo cubierto con agua. De estas, el Phaeozem (PH) es el más representativo con una incidencia del 27.46 %, seguido del Vertisol (VR) con un 24.27 % y el Planosol (PL) con un 10.05 %. El resto de los tipos de suelo presenta incidencias menores al 10 %. A nivel de unidades edafológicas, se registró la incidencia de 447 de ellas sobre la RE, siendo la Tcek-ub de los Technosoles (TC) presentó la mayor incidencia con un 6.77 %, y el resto valores menores al 5 %.

En el caso de la degradación del suelo, se determinó que el grado de degradación del suelo va de **LIGERO** a **EXTREMO**, donde los procesos de degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica son los que presentan un mayor porcentaje de incidencia en la RE con grados de degradación **LIGERO** a **MODERADO** con un 46.31%, influenciado principalmente por las actividades agrícolas, la deforestación y el sobrepastoreo, seguido de la Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial con un 21.91% que va de **LIGERO** a **FUERTE** debido a las actividades agrícolas, sobrepastoreo, deforestación y sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico.

Para la erosión del suelo, se determinaron 30 tipos de erosión (y 5 adicionales asociados a sellamiento del suelo y cuerpos de agua), de los cuales el tipo de erosión hídrica laminar de leve (HL1) presentó una mayor incidencia dentro de la RE con un 28.64 %, seguido por la Hídrica Laminar Moderado (HL2) con 10.98 %, e Hídrica Laminar Leve e Hídrica en Surcos Leve (HL1+HS1)con 7.81 %, así como el resto de las incidencias presentaron porcentajes de ocupación menores al 5 %. Es de destacar que el 24.06 % de la superficie de la RE no presenta evidencia de presencia de erosión de ningún tipo.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

Con base en lo anterior, las actividades agropecuarias y deforestación han provocado que en casi el 50 % de la superficie de la RE se presente algún grado de degradación del suelo calificado de ligero a extremo principalmente por la declinación de la fertilidad y pérdida de la materia orgánica del mismo, mientras que los factores de erosión son principalmente por la afectación de los escurrimientos superficiales de manera laminar. Esto aunado a la presencia de los asentamientos humanos en donde se ha llevado a cabo el sellamiento del suelo y la pérdida de las funciones originales del componente edafológico. Estos mismos asentamientos humanos y actividades agropecuarios, así como la industria, han provocado un cambio fisicoquímico en las propiedades originales del suelo, perdiendo así sus funciones primordiales, esto a causa de factores como el manejo deficiente de los residuos de todo tipo, y el derrame de contaminantes dentro del suelo.

CONSULTA PÚBLICA





Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

Estos resultados nos indican que dentro de esta RE se presenta un grado de degradación de ligero a moderado, pero bastante extendido, así como una erosión del suelo que represente un riesgo para un desequilibrio ecológico futuro. Sin embargo, sin una buena planeación territorial en donde no se restrinja la frontera agrícola y de asentamientos humanos, en un mediano y largo plazo, los suelos de esta RE pudieran quedar desnudos o ser sometidos a procesos que provoquen la pérdida de la cobertura orgánica y cambio de su estructura, resultando en una degradación y erosión más grave.

En ese sentido, un cambio severo sobre las características fisicoquímicas del suelo, no sólo provocará la pérdida de los servicios ambientales que este ofrece, como la captación del agua, el almacenamiento de carbono orgánico y la línea base para el establecimiento de coberturas vegetales, sino que también afectará directamente a la agricultura y ganadería que allí se practican, produciendo en declive en la productividad agropecuaria, y dejando en desuso estos sitios, eventualmente.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el contexto de la ejecución de este proyecto, el cual consiste en la construcción de una Tren de Pasajeros que tendrá una superficie de 10,505,723 m², y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tiene previsto dentro de 1,215,863 m², lo cual equivale a un 11.57 % de la superficie total requerida para la ejecución de este, lo cual es muy bajo respecto a la totalidad del proyecto. Sin embargo, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación enfocadas en la protección del suelo como una correcta disposición de los residuos conforme a la legislación vigente, así como la implementación de una reforestación en áreas con necesidades para la recuperación de sus suelos originales. Por ello, la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ AL COMPONENTE EDAFOLÓGICO NI INCREMENTARÁ LAS PROBLEMÁTICAS DETECTADAS** dentro de la RE sobre los procesos de degradación y erosión del suelo, esto siempre y cuando se implementen las medidas de prevención, mitigación y compensación previstas para este estudio.

III.12.4. Diagnóstico del agua

La Región Ecológica (RE) incide dentro de la Región-Hidrológica Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico y VII Cuencas Centrales del Norte en la Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, 14 Ameca y 26 Pánuco, en las Cuencas Hidrológicas R. Lerma-Salamanca, R. Lerma-Chapala, L. Chapala, R. Santiago-Guadalajara, R. Laja, R Verde Grande, R. Juchipila, P. La Vega y R Tamuín, así como en 663 microcuencas.

Se localiza dentro de 3 Regiones Hidrológicas (RE), siendo la de casi toda la incidencia la denominada RH-12 Lerma-Santiago con un 99.99 %, seguida de manera residual por la RH-14 Ameca residual con un 0.0000000091 % y la RH-26 con un 0.0000000011 %. En el caso del Área del Proyecto (AP), la incidencia total corresponde al 100 % dentro de la RH-12 Lerma Santiago. Incide dentro de 9 Cuencas Hidrológicas (CH), de las cuales las que presentan las mayores incidencias fueron la RH12I-R. Verde Grande con un 35.8666 % de incidencia, seguido

CONSULTA PÚBLICA





de la RH12E-R. Santiago-Guadalajara con una incidencia del 32.1263 %, y en tercer lugar la RH12B-R. Lerma-Salamanca con una incidencia del 32.0070 %; incide dentro de 34 Subcuencas Hidrológicas (SCH), de las cueles 3 reportan los mayores porcentajes de incidencias conforme a lo siguiente: la RH12Ig-R. de los Lagos con un 22.4586 %, RH12Bd-R. Guanajuato con un 15.5847 %, y la RH12Ec con un 9.8570 %. El resto de SCH presentan incidencias menores al 9 %.

Dentro de esta RE SE presentan 333 tipos de cuerpos de agua superficiales que representan juntos en 212,795,141 m^2 (1.083 %) de la superficie total de la RE. De ellos, 227 corresponden a cuerpos de agua intermitentes, 95 a cuerpos de agua permanente, 4 a corrientes permanentes, 2 a corrientes intermitentes, 1 a claros, 1 a estanques, 1 estanque de desechos, 1 a jale o terrero y 1 a zona sujeta de inundación. También inciden 6,154 corrientes de agua superficiales, de los cuales los que adquirieron una mayor incidencia son los arroyos y de corrientes intermitentes con 2,376, seguida de las corrientes de agua de límites de lagos, lagunas y presas, mientras que el de menor incidencia se presentan por las Islas.

Se registró la incidencia con 39 acuíferos, abarcando 19,453,165,809 m^2 del área total (99.04 %). En ese sentido, los acuíferos que presentan la mayor incidencia dentro de la RE son el 1410-Lagos de Moreno con un 14.89 %, seguido del 1405-Ocotlán con un 10.34 %, y el 1113-Valle de León con un 6.70 %.

El riesgo por inundaciones es predominantemente entre muy bajo y bajo, sobre todo en las partes oeste y este de esta zonificación, mientras que los riesgos considerados como altos. En términos porcentuales, es importante destacar que el 28.260 % de la superficie no presente algún grado de riesgo de inundación, mientras que el 31.874 % presenta un riesgo bajo y el 30.854 % presenta un riesgo bajo. Los riesgos medios y altos no superan el 10 % de la superficie; para el peligro por inundaciones es puntualmente alto dentro de los municipios con asentamientos y áreas metropolitanas como Zapopan, Guadalajara y León, mientras que este disminuye conforme se adentra a las zonas que aún albergan vegetación o no se ha llevado a cabo el sellamiento del suelo. En términos porcentuales, el 28.336 % de su superficie no presenta peligro por inundaciones, mientras que el 49.533 % presenta un peligro medio sólo el 22.131 % se le considera con riesgo alto.

Para la contaminación de los cuerpos superficiales de agua se puede considerar que esta calidad es en su mayoría mala y que representa un gran riesgo y peligro para el medio ambiente y la salud humana puesto que 10 de los puntos de monitoreo se encuentran en semáforo rojo y los 4 restantes se encuentran en semáforo amarillo. Para el caso de la calidad del agua subterránea, se determinó que dentro de la Región Ecológica (RE) se puede considerar que esta calidad es en su mayoría mala y que representa un gran riesgo y peligro para el medio ambiente y la salud humana puesto que 7 de los puntos de monitoreo se encuentran en SEMÁFORO ROJO por la presencia de fluoruros los cuales proporcionan por sí mismo una baja calidad para riego y consumo, y el punto restante se encuentra en SEMÁFORO VERDE.

CONSULTA PÚBLICA





DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

A través del análisis anterior, se detectó que el componente hidrológico es fundamental para el funcionamiento de los ciclos biológicos y ecosistémicos dentro de la Región Ecológica (RE). Dentro de ella se insertan una gran cantidad de cuerpos de agua superficiales, así como corrientes intermitentes y perennes de agua, los cuales brindan un sinfín de servicios ecosistémicos tanto a la biodiversidad como a las poblaciones que dependen de este recurso para la producción agropecuaria, y las actividades cotidianas de los pueblos y ciudades. No obstante, se ha detectado que existen diversos factores de presión para su conservación y disponibilidad, como la reducción de captación por la pérdida del suelo y vegetación, así como por la contaminación por las actividades agropecuarias e industriales que allí se desarrollan. Asimismo, se presentan riesgos y peligros por inundaciones asociados al sellamiento del suelo y cambio de las topoformas originales, esto específicamente cerca de los núcleos poblacionales.

Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

Con base en los análisis expuestos, la RE es una zona con riesgo y peligro de inundación en las zonas asociadas a los núcleos poblacionales, derivado de los ciclos hidrológicos originales que son interrumpidos por la pérdida de las coberturas vegetales y topoformas, por lo que las asociaciones vegetales fungen como infiltradoras del agua, siendo fundamentales para disminuir los daños provocados por las mismas. Por ello, el aumento del cambio de uso de suelo para establecimiento de núcleos urbanos y agricultura promoverán el aumento y peligrosidad de las inundaciones. Asimismo, se detectó con los cuerpos de agua superficiales y subterráneos presentan un actual deterioro en su calidad, por lo que, si se mantienen las tendencias actuales de las actividades agropecuarias e industriales dentro de la RE, estos incrementarán su grado de contaminación hasta un punto en el que dejen de presentar las características adecuadas para la producción agrícola y el uso humano conforme a la legislación vigente.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el contexto de la ejecución de este proyecto, el cual consiste en la construcción de una Tren de Pasajeros que tendrá una superficie de 10,505,723 m^2, y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tiene previsto dentro de 1,215,863 m^2, lo cual equivale a un 11.57 % de la superficie total requerida para la ejecución de este, lo cual es muy bajo respecto a la totalidad del proyecto. Por ello, con base en los estudios de factibilidad constructiva ante eventos de retorno e incidencia con corrientes intermitentes de agua y zonas federales, se implementarán soluciones constructivas como la construcción de 376 obras de drenaje transversal (ODTs) y canaletas, así como la gestión adecuada de los diferentes tipos de residuos conforme a la legislación vigente, y el establecimiento de acciones de recuperación de coberturas vegetales como reforestaciones y reubicación de flora silvestre. Por ello, la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ AL COMPONENTE HIDROLÓGICO NI INCREMENTARÁ LAS PROBLEMÁTICAS DETECTADAS** dentro de la RE sobre los procesos de captación e infiltración de agua, y contaminación de esta, siempre y cuando se implementen las medidas de prevención, mitigación y compensación previstas para este estudio.

CONSULTA PÚBLICA





III.12.5. Diagnóstico del aire

Los vientos predominantes para la estación de Guadalajara oscilan entre 5-10 km/h a 10-20 km/h; en los meses de julio a enero estas velocidades se mantienen relativamente equitativas a lo largo de esos meses, pero específicamente en febrero comienzan a aumentar los vientos de 10-20 km/h y se vuelven predominantes dentro en marzo, abril, mayo y junio. Pot otro lado, vientos de 20-30 km/h sólo se registran durante pocos días de cada mes. En tanto, los vientos predominantes proceden del noreste y del suroeste. Para Irapuato, los vientos predominantes durante todo el año son los de 10-20 km/h. La tendencia que se observa es que en los meses de julio a enero, los vientos se vuelven un poco más equitativos entre velocidades de 5-10 km/h, 10-20 km/h, y en pequeño porcentaje, de 20-30 km/h. Asimismo, entre febrero y junio los vientos más veloces (20-30 km/h) se vuelven más dominantes. En cuanto a la dirección de los vientos, la mayoría de ellos proviene del noreste. Por último, para la estación de León de los Aldama, al igual que en la estación anterior, los vientos predominantes durante todo el año son los de 10-20 km/h. La tendencia que se observa es que, en los meses de julio a enero, los vientos se vuelven un poco más equitativos entre velocidades de 5-10 km/h, 10-20 km/h, y en pequeño porcentaje, de 20-30 km/h. Asimismo, entre febrero y junio los vientos más veloces (20-30 km/h) se vuelven más dominantes. En cuanto a la dirección de los vientos, estos vienen más cargados de una dirección este.

El estado de Guanajuato es uno de los pocos que genera sus propios inventarios de emisiones de contaminantes criterio y precursores, así como GyCEI. Durante 2023 se actualizó el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021, instrumento validado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat. Este inventario incluye las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), bióxido de azufre (SO_2), partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros (PM_{10}), y menor a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoniaco (NH_3). En el caso de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, estos son contabilizados al ser considerados precursores de ozono.

En esta última actualización se incluye la evaluación de las cuatro principales fuentes de emisión: las fuentes fijas en las que se incluyen los establecimientos asentados en la región y que son del tipo industrial; las fuentes de área, que son fuentes demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas, e incluyen comercios, servicios y otras actividades; las fuentes naturales, en las que se incluyen las fuentes biogénicas; y finalmente las fuentes móviles, representadas por los vehículos de carretera y de no carretera (maquinaria agrícola, de construcción y aviación). De acuerdo con este inventario, las emisiones totales del estado de Guanajuato para ese año se distribuyeron de la siguiente manera: PM_{10} con 28,403.25 ton/año, $PM_{2.5}$ con 16.835.22 ton/año, SO_2 con 10,157.53 ton/año, CO con 411,389.33 con ton/año, NOx con 143,142.71 ton/año, COV con 290,480.58 ton/año y NH_3 con 35,892.75 ton/año.

De acuerdo con este inventario, las emisiones totales por PM_{10} corresponde a 37,669.54 ton/año en donde las fuentes fijas fueron las principales emisoras de este contaminante. Para el caso de las $PM_{2.5}$, la emisión total corresponde a 23,576.33 ton/año siendo de igual manera las fuentes fijas las principales emisoras de este tipo de contaminante.

CONSULTA PÚBLICA





En el caso del SO_2, las emisiones totales corresponden a 28,888.26 ton/año siendo también las fuentes fíjas las principales emisoras de este tipo de contaminante. Por parte de los CO, las emisiones totales ascienden a 4,371,967.53 ton/ha con las fuentes móviles como aquellas que emiten en mayor medida a este contaminante.

Para el NOx, se reportan emisiones de 323,005.79 ton/año emitidas principalmente por las fuentes de área, principalmente. Para el COV se reporta la emisión de 922,827.17 ton/año emitidas principalmente por fuentes naturales, y, por último, el NH_3 reporta emisiones por 82,301.06 ton/año, principalmente por las fuentes de área y las fijas.

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

En el caso de este componente, la velocidad de los vientos se encuentra asociada a procesos de deterioro dentro de la RE puesto que estos son MODERADAMENTE FUERTES lo cual es congruente con que no se presente erosión eólica, además de que la pérdida de las coberturas originales no protege a los suelos desnudos, lo cual los vuelve altamente vulnerables a la erosión. Con respecto a los contaminantes emitidos, es determinantes que las principales fuentes de emisión provienen de los núcleos poblacionales y la industria, así como la emisión de los combustibles fósiles de los automotores, en donde también las quemas agrícolas participan en los aportes de emisiones dentro de la RE. Estos mismos contaminantes, al concentrarse en las ciudades, sin presentar sumideros de contaminantes efectivos como grandes macizos de vegetación, suelen prevalecer dentro de las inmediaciones urbanas.

Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

La contaminación del aire es un problema de gran relevancia puesto que la concentración de los contaminantes ha generado una problemática a la salud y los ecosistemas. No obstante, la pérdida de cobertura vegetal que funge como sumidero y captura de los contaminantes, por lo que la tendencia al mediano y largo plazo del cambio de uso de suelo podría acelerar la concentración de estos contaminantes, además de que el establecimiento de más núcleos urbanos, industrias y áreas agrícolas aportarían una mayor liberación de estos mismos a la atmósfera.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el marco de este proyecto se emplearán fuentes móviles que tendrán un correcto mantenimiento y revisión previo a su operación, además de que funcionarán bajo los límites permisibles que establece la normatividad vigente, esto como medida de prevención de la liberación de contaminantes. Por ello, la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ AL COMPONENTE EÓLICO NI INCREMENTARÁ LAS PROBLEMÁTICAS DETECTADAS** dentro de la RE sobre la contaminación de la atmósfera y la liberación de componentes dañinos para el medio ambiente en concentraciones que pudieran provocar un desequilibrio ecológico.

CONSULTA PÚBLICA





III.12.6. Diagnóstica de la flora y vegetación

Dentro de la Región Ecológica (RE) se determinó la incidencia dentro de 4 Divisiones Florísticas conforme a lo siguiente: se incide dentro de un 91.41 % dentro de la denominada Altiplanicie, seguida de la Costa Pacífica con un 4.56 %, después de la Sierra Madre Oriental con un 2.07 %, y por último dentro de la Sierra Madre Occidental en un 1.96 %. Además, se incide dentro de 3 Ecorregiones Florísticas Nivel I conforme a lo siguiente: el 85.67 % corresponde a Elevaciones Semiáridas Meridionales, en 11.05 % dentro de Sierras Templadas y el 3.28 % restantes dentro de las Selvas Cálido-Secas.

Para el caso de las Ecorregiones Florísticas Nivel II se incide dentro de 6 de ellas conforme a lo siguiente: el 79.47 % dentro de la Altiplanicie Mexicana, el 6.55 % dentro del Sistema Neovolcánico Transversal, el 5.65 % dentro del Piedemonte de la Sierra Madre Occidental, el 4.50 % dentro de la Sierra Madre Occidental, el 3.28 5 dentro de la Planicie Costera, Lomeríos y Cañones del Occidente y el 0.28 % restante dentro de Cuerpos de Agua.

Para las Ecorregiones Florísticas Nivel III se incide dentro de 6 de ellas conforme a lo siguiente: dentro de los Lomeríos y Planicies del Interior con Matorral Xerófilo y Bosque Bajo de Mezquite con un 79.74 %, en los Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México en un 6.55 %, dentro de la Piedemontes y Planicies con Pastizal, Matorral Xerófilo y Bosques de Encino y Coníferas en un 5.65 %, dentro de Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos de la Sierra Madre Occidental en un 4.50 %, en Lomeríos de Sonora y Sinaloa y Cañones de la Sierra Madre Occidental con Matorral Xerófilo y Selva Caducifolia en un 3.28 %, y en un 0.28 % sobre Cuerpos de Agua.

Y por parte de las Ecorregiones Florísticas Nivel IV, se registró la incidencia de 8 de ellas conforme con lo siguiente: el 66.78 % dentro de Lomeríos y Planicies del Altiplano con Matorral Xerófilo y Pastizal, después en un 12.96 % dentro de Planicies Interior de Mezquital, en un 5.65 % dentro de Piedemontes y Planicies con Pastizal, Matorral Xerófilo y Bosques de Encinos y Coníferas, en un 4.50 % en Sierra con Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos, en un 4.81 % en Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos, en 3.28 % dentro de Cañones con Selva Baja Caducifolia de la Sierra Madre Occidental, en un 1.74 % dentro de Planicies Interiores y Piedemontes con Pastizal, Matorral Xerófilo y Selvas Bajas de la Porción Occidental del Sistema Neovolcánico Transversal, y por último en 0.28 % dentro de Cuerpos de Agua.

Conforme a este análisis de uso de suelo y vegetación de INEGI serie VII (2021), el **tipo de uso** con mayor superficie es el **Agrícola-Pecuario-Forestal con un 57.77 %,** seguido del Ecológico-Florístico-Fisonómico con un 34.71 %, y tipo de información complementaria con un 7.45 %, además de que el 0.1 % se encuentra desprovisto de vegetación. Para los **Usos y tipos de vegetación,** la Agricultura de temporal anual (TA) es la que ocupa la mayor superficie con 37.14%, seguido de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (PN) con un 8.00 %, y en tercer lugar de la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC) con un 7.77 %.

CONSULTA PÚBLICA



Dentro de la flora potencial registrada en la Región Ecológica, se registraron un total de 4,556 especies distribuidas en 248 familias y 1,314 géneros, resultando en 263 especies exóticas, 90 especies exóticas-invasoras, 2 especies criptogénicas y 4,201 nativas, de las cuales 1,427 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 272 especies en apéndices CITES, todas incluidas dentro del apéndice II. Por otro lado, en la categorización por parte del IUCN se registraron un total de 1014 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo, de modo en que 25 especies no cuentan con los datos suficientes DD, 890 especies se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 31 como Vulnerables (VU), 26 especies casi amenazadas (NT), 28 en Peligro (EN) y a *Arachnothryx jaliscensis, Cedrela dugesii, Louteridium koelzii, Magnolia pacifica pacifica* y *Magnolia pacifica* como especies en Peligro Crítico (CR).

Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo **de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo III (2019), se encontraron 66 especies en alguna categoría de riesgo** (32 Sujetas a protección especial (Pr), 24 amenazadas y 10 en peligro de extinción (P), conforme a este organismo. Es importante comentar que estas especies presentan una distribución más amplia a la Región Ecológica, estableciéndose en el centro del país principalmente.

Con base en los muestreos en campo, se registraron 108 especies repartidas dentro de 77 géneros y 32 familias botánicas, esto para la Región Ecológica (RE), mientras que para el Área del Proyecto (AP) se registraron 76 especies repartidas dentro de 56 géneros y 25 familias botánicas. Es importante destacar que **todas las especies registradas dentro del AP también se reportaron dentro de la Región Ecológica (RE).** Dentro de la Región Ecológica (RE) se registraron 44 especies de arbustos (40.74 %), siendo la forma de vida más dominante. Después le siguen los árboles con 34 especies (31.48 %), las hierbas con 22 (20.37 %), las cactáceas y/o rosetófilas con 6 (5.56 %) y las epífitas y/o trepadoras con 2 (1.85 %). Por otra parte, dentro del Área del Proyecto (AP) los árboles fueron la forma de vida más común con 28 especies (36.84 %), seguida de los arbustos con 27 (35.53 %), después por las hierbas con 14 (18.42 %), las cactáceas y/o rosetófilas con 5 (6.58 %) y las epífitas y/o trepadoras con 2 (2.63 %).

De las 108 especies registradas, dentro de la RE se registraron 70 (64.81 %) de ellas son nativas para el territorio nacional y para el AP fueron 45 (41.67 %), 24 (22.22 %) dentro de la RE son endémicas para México y 20 (26.32 %) en el AP, las cuales se enuncian a continuación: *Agava maximiliana, Annona longiflora, Bunchosia palmeri, Bursera grandiflora, B. palmeri, B. penicillata, Chromolaena pulchella, Dendroviguiera quinqueradiata, Ipomoea intrapilosa, Ipomoea stans, Mandevilla foliosa, Montanoa grandiflora, Nyctocereus serpentinus, Opuntia hyptiacantha, O. lasiacantha, Quercus eduardi, Q. obtusata, Q. resinosa, Roldana heracleifolia, Salvia amarissima, S. longispicata, Verbesina fastigiata, V. sphaerocephala* y *Zinnia zinnioides.*

Para el caso de las especies que no presentan una distribución natural dentro del país, 9 (8.33 %) especies exóticas se registraron dentro de la RE y 7 (6.48 %) dentro del AP. Por último, dentro de la RE se registraron 5 (4.63 %) especies exóticas-invasoras y para el AP fueron 4 (3.70 %), las cuales se enuncian a continuación: *Arundo donax, Cenchrus clandestinus, Cortaderia selloana, Cynodon dactylon* y *Ricinus communis.*

CONSULTA PÚBLICA



Para el riesgo nacional, **ninguna de las especies de flora registradas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019).** Por parte de los riesgos internacionales, de acuerdo con los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, se determinó que 5 (4.63 %) de las especies de la RE se encuentran dentro del Apéndice II por riesgo por comercio o tráfico internacional, mientras que para el AP también son 5, pero con un valor porcentual del 6.58 % de sus especies registradas. A continuación, se enlistan estas especies: *Nyctocereus serpentinus, Opuntia hyptiacantha, O. lasiacantha, O. ficus-indica* y *O. tomentosa.*

Respecto a los riesgos internacionales por pérdida de hábitat, dentro de la RE se registraron a 62 especies dentro de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), mientras que en el AP fueron 46 especies, conforme a lo siguiente: para la RE 60 (55.56 %) especies se enlistan como en Preocupación Menor (LC), 1 (0.93 %) como Casi Amenazada (NT) y 1 (0.93 %) con Datos Insuficientes (DD); para el AP fueron 46 (60.53 %) como en Preocupación Menor (LC), 1 (1.32 %) como Casi Amenazada (NT) y 1 (1.32 %) con Datos Insuficientes (DD).

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

El cambio de uso de suelo es uno de los principales motores de deterioro en donde los ecosistemas originales que albergan a la flora y vegetación. En ese sentido, dentro de la RE los ecosistemas originales han sido ampliamente reemplazados para proveer superficies destinadas para las actividades agrícolas y pecuarias, para el establecimiento de zonas industriales, y para la construcción de núcleos urbanos y asentamientos humanos; todos ellos ejerciendo una presión constante por las expansiones posteriores, además de que poco a poco, las actividades que allí se llevan a cabo, así como a la afectación de otros componentes como el suelo, el aire y el agua, desencadenan cambios progresivos en los estadios sucesionales de la vegetación.

Esta misma presión se ejerce a la biodiversidad allí presente, puesto que, si bien algunas especies de flora y fauna presentan resiliencia y gran adaptabilidad a la interfaz agrícola y pecuaria, así como a la urbana, la presencia de estos usos de suelo da pie a la reducción de la riqueza y biodiversidad, y promoviendo el establecimiento y proliferación de especies exóticas y exóticas-invasoras.

Al analizar la información vectorial de Uso de Suelo y Vegetación Serie I, III y VII de INEGI, se identificaron los cambios que se han presentado dentro de la Región Ecológica (RE) en donde puede apreciarse cómo los usos asociados a los asentamientos humanos, así como aquellas destinadas para fines agropecuarios han aumentado. En cambio, las áreas que albergan vegetación forestal han disminuido, o aquellas que aún se mantienen han presentados cambios de estados sucesionales primarios a secundarios como puede observarse a continuación.

CONSULTA PÚBLICA



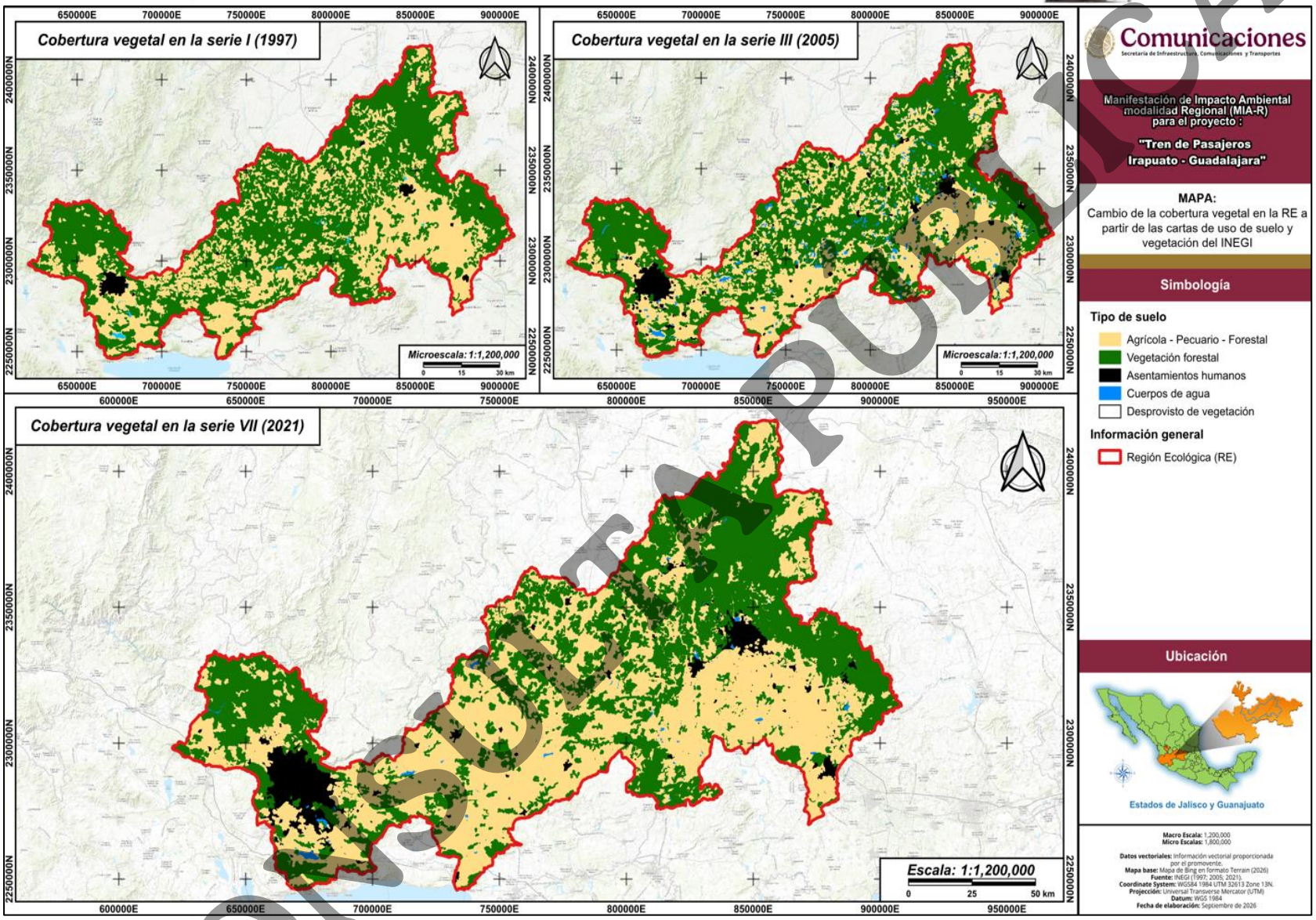


Figura III.301. Cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Tabla III.249. Matriz de cambio **de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII. Elaboración propia.**

Clave de vegetación	Descripción	Serie I	Aumento/disminución de la serie III respecto a la serie I	Serie III	Aumento/disminución de la serie VII respecto a la serie III	Serie VII
A-P-F	Agrícola - Pecuario - Forestal	7846064267	2.93	8075986524	26.42	10209964700
AH	Asentamientos urbanos	199194489	215.76	628980739.3	99.49	1254752793
N/A	Sin USV	47149471	288.82	183325210.2	-92.20	14299868.21
BQ	BOSQUE DE ENCINO	911119904	-12.54	796854560	-14.55	680927721.5
VSA/BQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO	11995104	141.94	29021156.03	130.15	66790764.74
VSa/BQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	870717668	3.66	902574438.6	-5.14	856148589.8
VSh/BQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA HERBÁCEA DE BOSQUE DE ENCINO	0	0.00	0	0.00	12834831.47
BQP	BOSQUE DE ENCINO-PINO	336427383	-19.14	272019180	-4.02	261083326.6
VSA/BQP	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO	0	0.00	0	0.00	1244193.641
VSa/BQP	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO	71447210	68.81	120609352.2	-12.76	105214215.1
BP	BOSQUE DE PINO	93501695	11.33	104091432.3	5.05	109351849.6
VSa/BP	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO	49806194	30.21	64852424.5	5.45	68389892.62
BPQ	BOSQUE DE PINO-ENCINO	78328555	-16.37	65506265.33	-22.12	51016551.61
VSA/BPQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO	0	0.00	0	0.00	1506178.037
VSa/BPQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO	0	0.00	0	0.00	4278310.902
BJ	BOSQUE DE TÁSCATE	58063554	3.44	60058902.37	-55.17	26922837.14
VSA/BJ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE TÁSCATE	0	0.00	0	0.00	2887493.757
VSa/BJ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE TÁSCATE	66966576	2.20	68440294.12	16.10	79462070.56
MC	MATORRAL CRASICAULE	145040308	-27.41	105289981.9	-11.35	93342643.47
VSa/MC	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL CRASICAULE	68820477	8.11	74404571.49	-42.73	42611898.13
MKX	MEZQUITAL DESÉRTICO	38180389	-72.42	10531293.35	-39.49	6371961.666
VSa/MKX	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL DESÉRTICO	31680402	-75.39	7795713.403	-19.49	6276078.137
PH	PASTIZAL HALÓFILO	3861658	10.12	4252582.75	-48.69	2181917.883
PI	PASTIZAL INDUCIDO	1554575698	3.28	1605587553	-29.23	1136271461
PN	PASTIZAL NATURAL	1109179519	-14.18	951921079.3	-11.60	841507835.4
VSa/PN	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL	3250960109	-13.94	2797913169	-43.87	1570395611
SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	469480765	-47.92	244503426.8	-4.40	233752601.5
VSA/SBC	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	0	0.00	179838142.8	-10.19	161515046.2
VSa/SBC	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	2138075065	-2.15	2092078279	-27.09	1525394741
VHH	VEGETACIÓN HALÓFILA HIDRÓFILA	2533630	165.78	6733819.691	-83.71	1096729.11

CONSULTA PÚBLICA





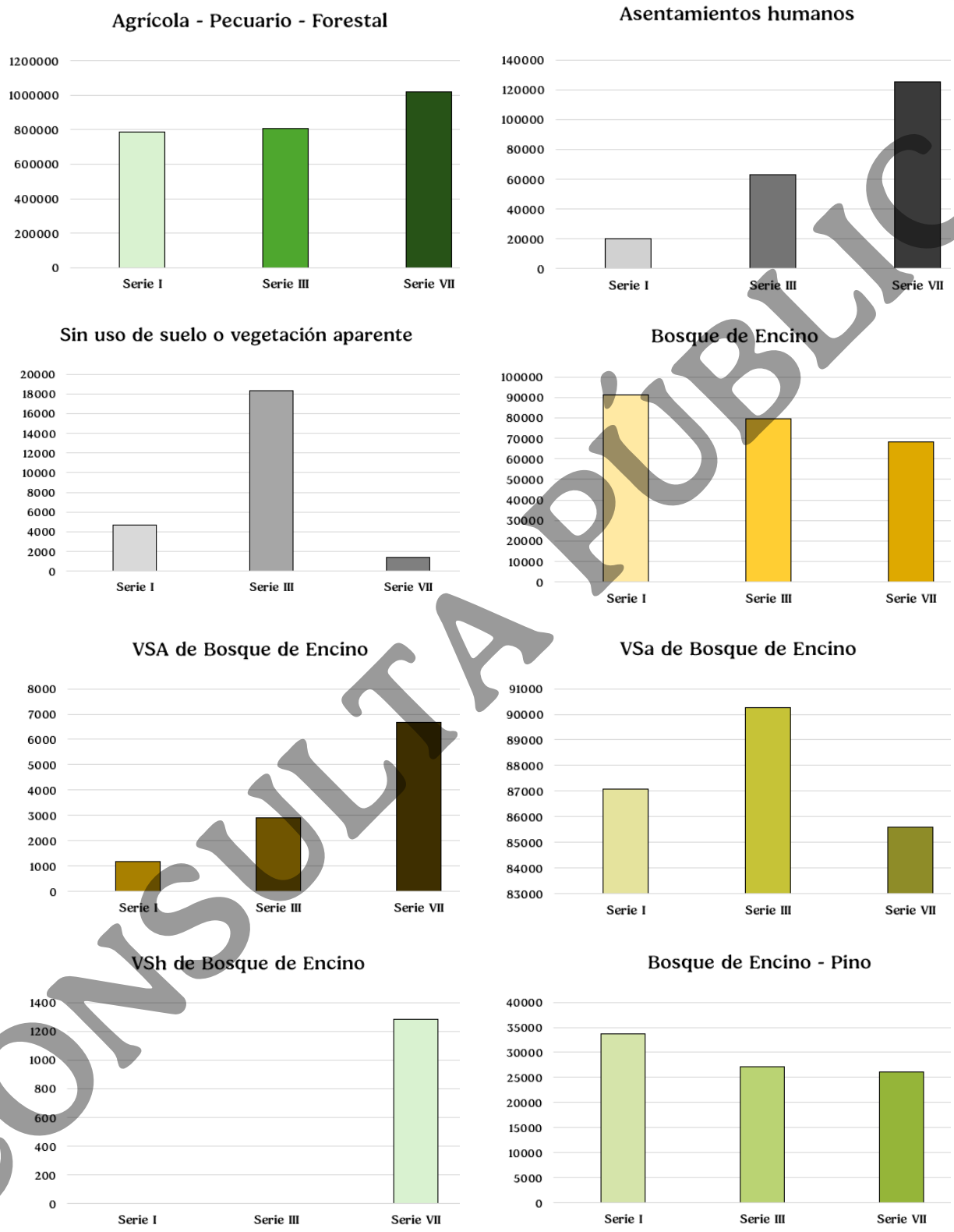
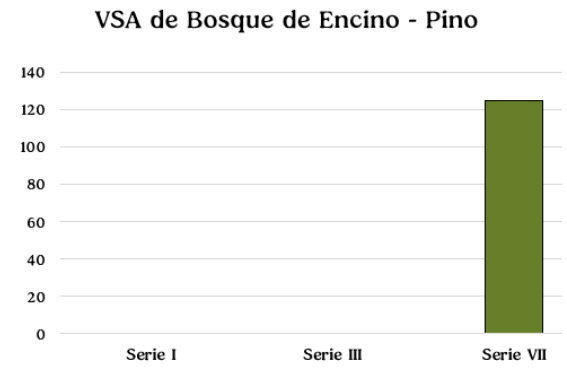
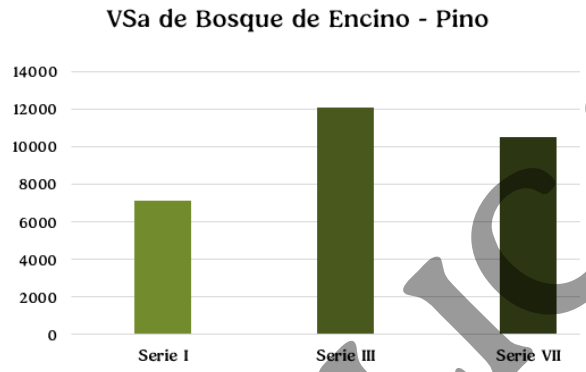


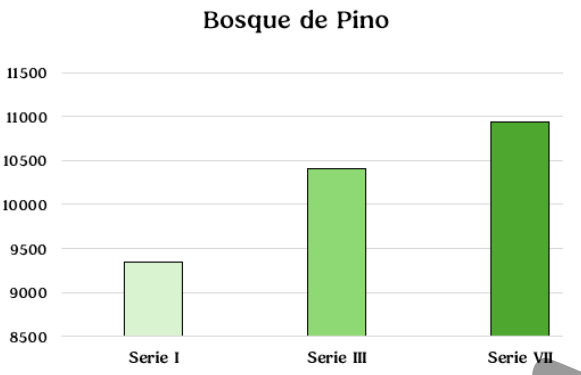
Figura III.302. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (1/4). Elaboración propia.

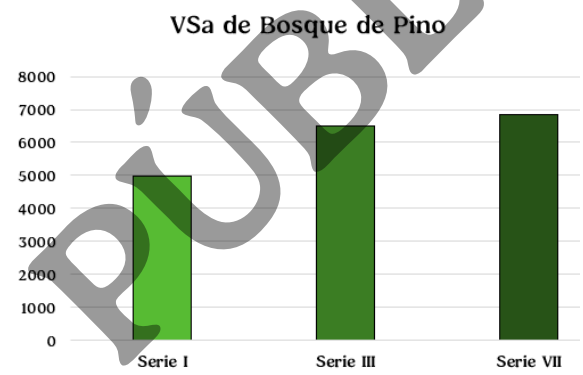
CONSULTA PÚBLICA

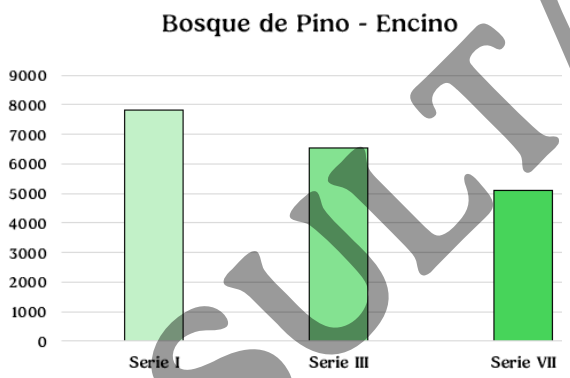


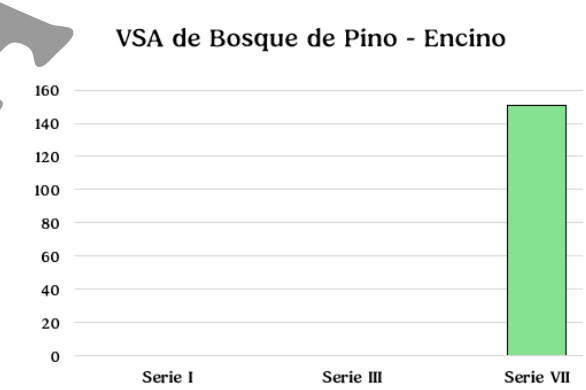


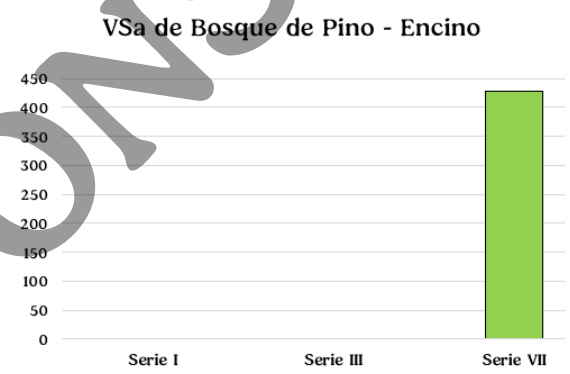


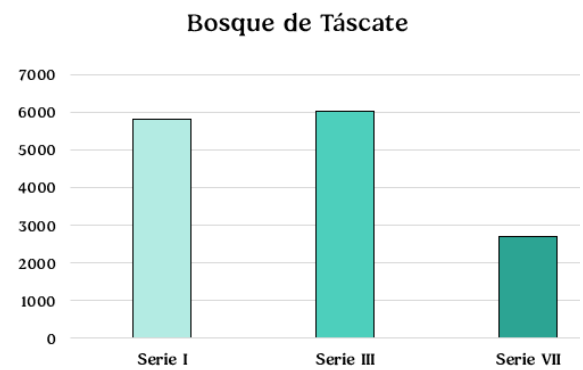










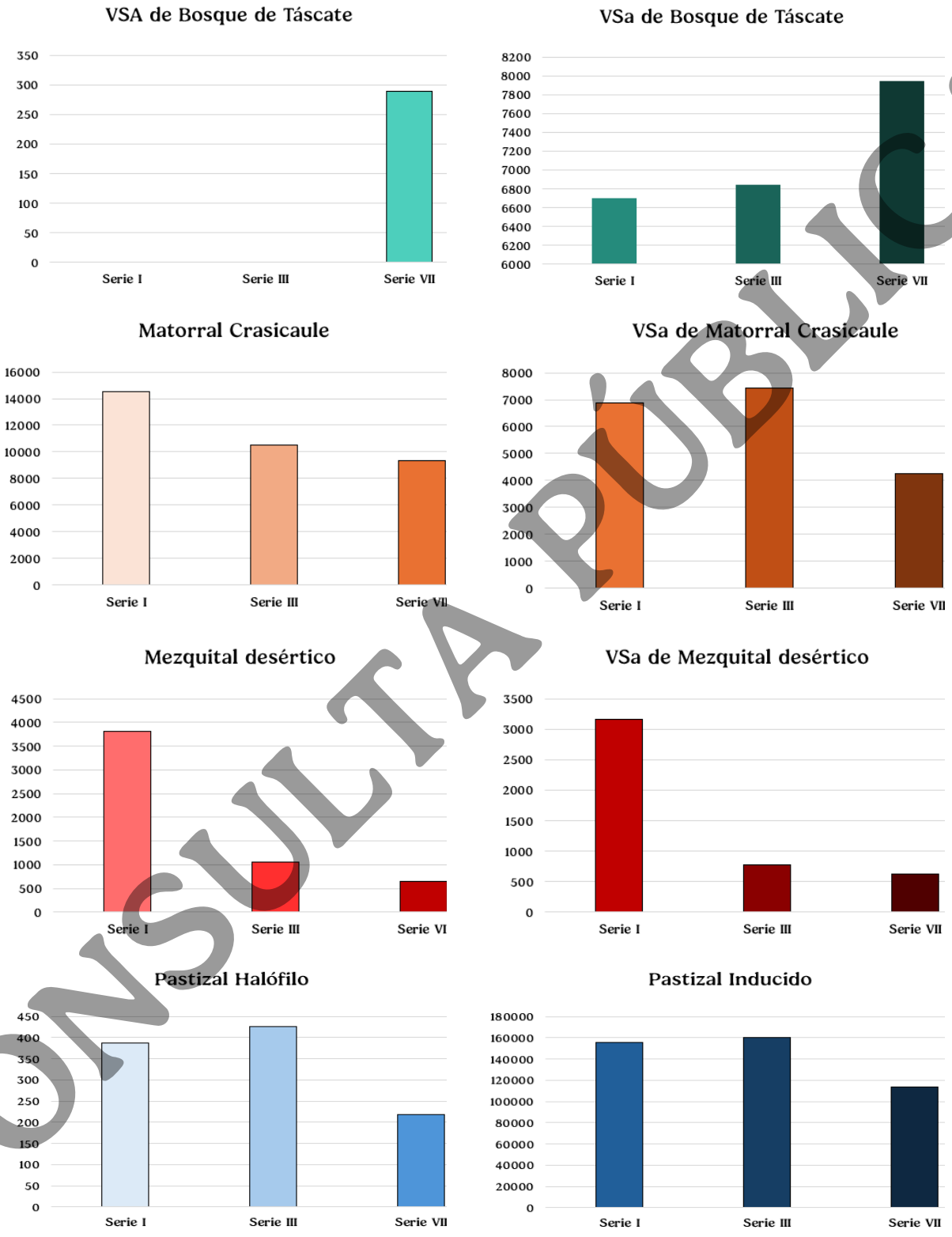


CONSULTA PÚBLICA

Figura III.303. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (2/4). Elaboración propia.







CONSULTA PÚBLICA

Figura III.304. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (3/4). Elaboración propia.





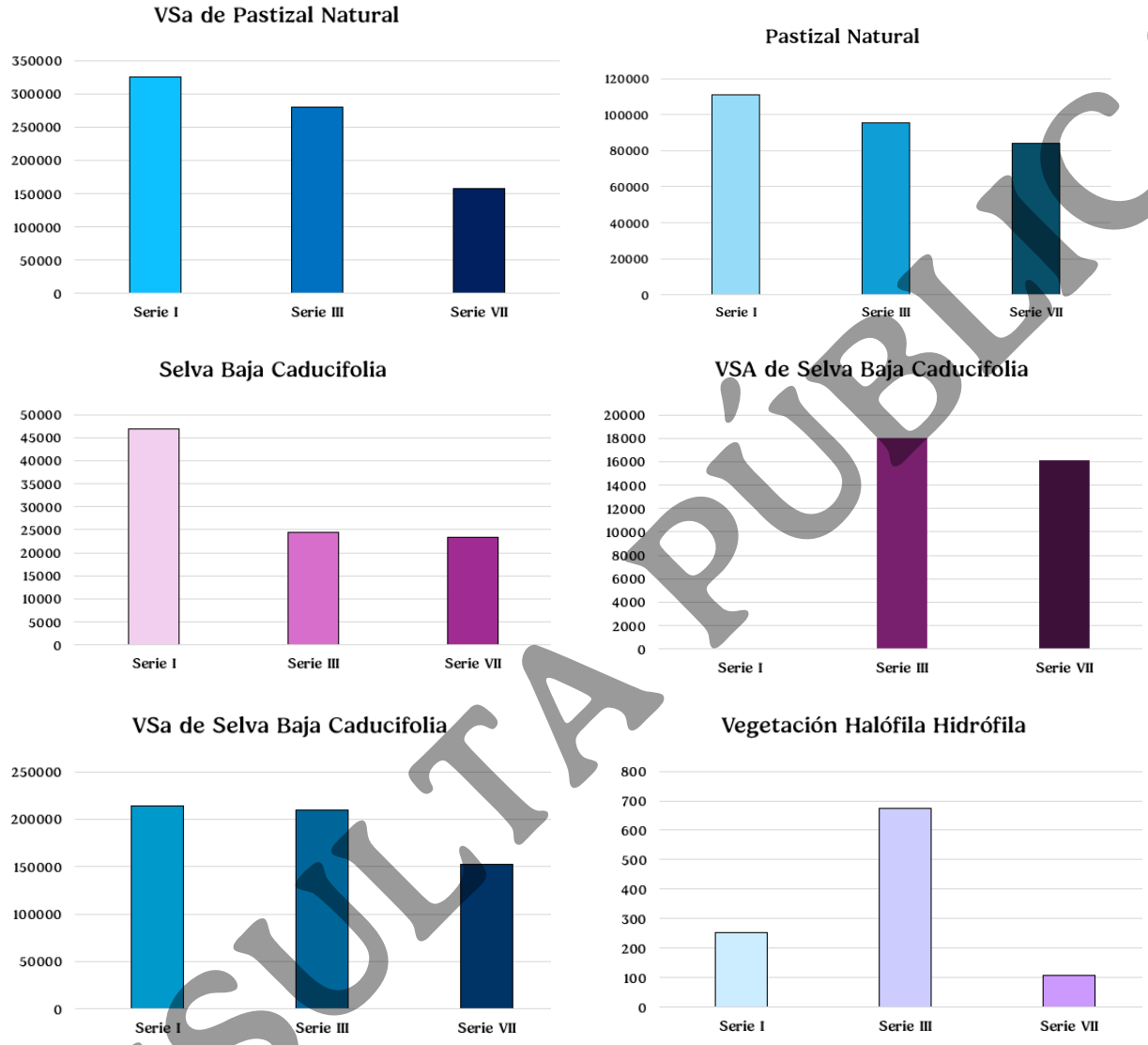


Figura III.305. Gráficos de cambio de las coberturas del uso de suelo y vegetación de acuerdo con INEGI, esto analizado a través de dichas cartas en sus series I, III y VII (4/4). Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA



Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

El cambio de uso de suelo es uno de los principales motores de deterioro en donde los ecosistemas originales que albergan a la flora y vegetación dentro de la RE. En ese sentido, dentro de la RE, ya no es posible encontrar las grandes extensiones de vegetación que antes imperaba dentro de este lugar, y han sido altamente modificados por la agricultura y ganadería actual, así como por los núcleos urbanos e industriales actuales, los cuales están en constante expansión, y reemplazan los usos correspondientes a ecosistemas vegetales, afectando de manera considerable a las comunidades remanente que aún se mantienen dentro de la RE. En ese mismo sentido, la reducción de la riqueza y biodiversidad de especies es un problema actual y que avance de manera acelerada siendo también el cambio de uso de suelo y la pérdida de los ecosistemas originales lo que provoca esta pérdida de recurso biótico.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el contexto de la ejecución de este proyecto, el cual consiste en la construcción de una Tren de Pasajeros que tendrá una superficie de 10,505,723 m², y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tiene previsto dentro de 1,215,863 m², lo cual equivale a un 11.57 % de la superficie total requerida para la ejecución de este, lo cual es muy bajo respecto a la totalidad del proyecto. No obstante, se reconoce que la ejecución del proyecto pudiera provocar una afectación si no se implementan medidas de prevención, mitigación y compensación, que en este caso la ejecución de acciones rescate y reubicación de flora serán las medidas principales para no provocar un desequilibrio ecológico en el componente flora y vegetación. Por ello, la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ AL COMPONENTE DE FLORA Y VEGETACIÓN NI INCREMENTARÁ LAS PROBLEMÁTICAS DETECTADAS** dentro de la RE respecto a la pérdida de cobertura vegetal, de la riqueza y abundancia de flora.

III.12.7. Diagnóstico de la fauna

La Región Ecológica (RE) incide dentro de 3 Provincias Biogeográficas conforme a lo siguiente: se incide dentro del Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino) en un 65.91 %, seguido del Eje Volcánico en un 33.24 %, y finalmente en un 0.84 % dentro de la Sierra Madre Occidental. Además, se encuentra dentro de 1 Provincia Herpetográfica, siendo esta la denominada Eje Neovolcánico. Por otra parte, incide dentro de 2 Provincias Mastozoológicas conforme a lo siguiente: se incide dentro de la Provincia Volcánico-Transversa en un 56.33 %, y seguida de la Provincia Zacatecana en un 43.67 %.

Dentro de la fauna potencial, se registraron un total de 1,128 especies distribuidas en 432 géneros, 127 familias y en 4 grupos faunísticos, resultando en 2 especies exóticas (0.18%), 16 exótico-invasoras (1.42%) y 1,110 nativas (98.40%), de las cuales 186 son endémicas (16.49%), 12 cuasiendémicas (1.06%) y 32 semiendémicas (2.83%).

CONSULTA PÚBLICA





Del total de especies de fauna registradas en la Región Ecológica, 676 de ellas (equivalente al 59.93%) pertenecen al grupo de las aves, convirtiéndolo por mucho en el grupo faunístico con mayor diversidad en el área. Por otro lado, los mamíferos (Mammalia) son el segundo grupo con mayor riqueza potencial registrada en la RE ya que cuentan con 230 spp. que equivalen al 20.39% de la diversidad total. Así mismo los reptiles (Reptilia) son el siguiente grupo inmediato en cuanto a riqueza, al registrar a 175 especies (15.51%), denotando la diferencia que existe en la riqueza si se le compara con el grupo de las aves. Por último, el grupo de los anfibios (Amphibia), cuenta solamente con 47 especies registradas, equivalentes al 4.16% de las especies totales. Es observable que tal como en el caso anterior de la abundancia, todos los grupos siguieron el mismo patrón jerárquico en cuanto al orden de mayores y menores registros respecto a cada componente.

Gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 118 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 9 especies se encuentran dentro en apéndice III, 104 en el apéndice II y solamente 5 en el apéndice I, correspondiendo a *Falco peregrinus, Falco peregrinus anatum, Leopardus wiedii, Lontra annectens* y *Herpailurus yagouaroundi.*

Dentro de IUCN se registraron un total de 1,052 especies dentro de alguna de las 6 categorías de riesgo encontradas de acuerdo con este organismo, de modo en que 3 de las especies cuentan con datos deficientes (DD), 989 se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 19 son especies vulnerables (V), 33 están Casi amenazadas (NT), 5 de ellas se encuentran en Peligro (EN) y 3 en peligro crítico (CR) correspondiendo a *Campephilus imperialis, Dasyprocta mexicana* y *Ambystoma amblycephalum.*

Finalmente, de las **162 especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010 y su modificación en su anexo normativo III** (2019), 98 de ellas se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 56 se encuentran como Amenazadas (A), 7 especies se categorizan como especies en Peligro de extinción (P) y finalmente 1 de las especies se encuentra Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

Para el caso de anfibios se registraron 11 especies de anuros (Anura) y 3 especies de caudados (Caudata) distribuidos en 2 categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, de modo en que 9 especies se encuentran Sujetas a Protección Especial (Pr) y 2 como Amenazadas (A). En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 60 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro de la RE, se distribuyeron ampliamente dentro de 4 categorías de riesgo de acuerdo con este organismo, de modo en que 38 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 19 como amenazadas (A), 4 especies en peligro de extinción (P). En cuanto al grupo de los mamíferos, se registraron a 20 especies en 3 diferentes categorías de riesgo conforme a la NOM-059, de modo en que se registraron 7 especies Sujetas a Protección Especial (Pr), 11 especies Amenazadas (A) y finalmente 2 en Peligro de extinción (P). Finalmente, para los reptiles se encontraron 69 especies en tres categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, siendo que 45 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), mientras que las 23 especies restantes están categorizadas como amenazadas (A) y 1 en Peligro de Extinción (P). A continuación, se muestran las especies de reptiles incluidas en la NOM-059-2010 y la modificación a su anexo normativo III (2019).

CONSULTA PÚBLICA





En cuanto a las especies con mayor número de registros se obtuvo que de los 558 registros de peces en la RE, el tiro de Pátzcuaro (*Goodea atripinnis*) con 91 registros, el guatopote del Lerma (*Poeciliopsis infans*) con 53, el pupo de Valle (*Algansea tincella*) con 46 y el charal (*Chirostoma jordani*), son las especies con mayor número de registros ya que en conjunto comprenden el 40.86% del total de registros, mientras que las 43 especies restantes en conjunto suman el 59.14% restante.

Por otro lado, se obtuvo que las 47 especies de peces registradas en la RE se distribuyen en 30 diferentes géneros y 12 familias, de modo en 7 de estos taxones corresponden a especies exótico-invasoras, mientras que las 40 spp restantes cuentan con una distribución nativa, de las cuales 28 son endémicas. Cabe resaltar que ninguna de estas especies se encuentra restringida únicamente al Área del Proyecto, si no que se encuentran distribuidas en diferentes cuerpos de agua cercanos entre sí, principalmente al centro y norte del país.

En cuanto a las especies categorizadas bajo algún tipo de riesgo de acuerdo con organismos internacionales como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), se obtuvo que por parte del CITES no se registró ninguna especie con riesgo por comercio. En cambio, por parte del IUCN se registraron a 41 especies en 5 diferentes categorías de riesgo, de manera en que 3 de las especies cuentan con datos deficientes (DD), 23 se encuentran bajo preocupación menor (LC), 2 como vulnerables (VU), 9 en peligro (EN) y a *Allotoca maculata, Ameca splendens, Allotoca regalis* y *Aztecula calientis* como especies en peligro crítico (CR).

Por otra parte, la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la modificación a su anexo normativo III en el año 2019, siendo la norma encargada de identificar a aquellas especies de flora y fauna silvestre en algún tipo de riesgo dentro de 4 diferentes categorías, y a través del cual se identificó que en el presente listado existen 14 especies de ictiofauna en 3 diferentes categorías de riesgo, siendo que 1 se encuentra sujeta a protección especial (Pr), 7 se encuentran amenazadas y 6 en peligro de extinción (P). Conforme a los muestreos en campo, la fauna presente se agrupa en un total de 71 especies de vertebrados terrestres (3 anfibios, 6 reptiles, 3 mamíferos y 59 aves). Por su parte, en el área de proyecto (AP) se registraron un total de 52 especies de vertebrados terrestres, de los cuales 1 spp. es anfibio, 3 son reptiles, 2 mamíferos y 46 aves.

De acuerdo con la información anterior, para la RE se obtiene que el 83.10% de las especies faunísticas pertenece a la avifauna, los mamíferos representan el 4.23%, mientras que la herpetofauna representa el 12.68% (8.45% pertenecen a reptiles y 4.23% a anfibios). A su vez, para el AP se obtiene que el 88.46% de las especies registradas pertenece a las aves, el 3.85% representa a los mamíferos, en tanto que la herpetofauna representa el 7.69% (5.77% pertenecen a los reptiles y 1.92% a los anfibios). Para la RE, de acuerdo con las 71 especies registradas, 55 se consideran como nativas, lo que representa el 77.46% del total, 13 son endémicas (*Anaxyrus compactilis, Anolis nebulosus, Campylorhynchus gularis, Craugastor occidentalis, Dryophytes eximius, Kinosternon integrum, Melanotis caerulescens, Melozone kieneri, Sceloporus dugesii, Sceloporus torquatus, Sporophila torqueola, Thryophilus sinaloa* y *Urosaurus bicarinatus*) representando el 18.31%, y 3 especies como exóticas-invasoras (*Ardea ibis, Passer domesticus* y *Streptopelia decaocto*), lo que equivale al 4.23% del total.

CONSULTA PÚBLICA





Respecto a las especies con alguna categoría de riesgo nacional, en la RE se encontraron 5 especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), en tanto que en el AP se encontraron 3 spp. enlistadas en alguna de estas categorías, como se detalla a continuación:

- **Sujetas a Protección Especial (Pr)** se registraron 4 especies en la RE y 2 spp. en el AP, siendo estas *Mycteria americana* y *Tachybaptus dominicus* registradas tanto en el AP como en la RE, así como las especies *Buteogallus anthracinus* y *Kinosternon integrum* únicamente para la RE.
- **Amenazadas (A)** se registró 1 especie en esta categoría tanto en la RE como en el AP: *Anas diazi.*

DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:

Para la fauna, es de notar que este componente biótico está estrechamente relacionado con la flora y vegetación presente dentro de la Región Ecológica (RE). En ese sentido, los procesos de pérdida de cobertura vegetal influyen directamente en la calidad de hábitat que tienen los animales para permanecer dentro del ecosistema. Por ello, uno de los principales procesos de deterioro es el cambio de uso de suelo para fines agrícolas, industria o asentamientos humanos, pues se reemplaza a la vegetación por áreas que no cuentan con la calidad ecosistémica para que esta pueda permanecer. Otro factor es la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneas de agua dulce, pues allí también habita una gran riqueza de especies que dependen del agua.

Tendencia dentro de la Región Ecológica (RE):

Aparentemente, la pérdida de hábitats que promueve una afectación directamente a la fauna es un problema muy extendido dentro de las áreas que abarca la RE puesto que el crecimiento exponencial de las zonas agropecuarias y urbanas incrementa esta problemática. Por ello, al largo plazo, por el cambio de uso de suelo para el establecimiento de núcleos agrícolas, industriales o humanos podrían cambiar este panorama, en donde la fauna pudiera presentar una mayor presión para sobrevivir, intentando alcanzar otros sitios con mejor calidad ecosistémica, disminuyendo la riqueza y biodiversidad de animales dentro de la RE.

Esto ya es tangible al observar la composición de especies que se presentan en los ecosistemas silvestres y dentro de las áreas urbanas y agrícolas, en donde se presentan especies las resilientes y adaptadas a las condiciones de perturbación constante que se extienden, y seguirán extendiéndose al mediana y largo plazo.

Tendencias por la ejecución del Área del Proyecto (AP):

En el contexto de la ejecución de este proyecto, el cual consiste en la construcción de una Tren de Pasajeros que tendrá una superficie de 10,505,723 m^2, y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tiene previsto dentro de 1,215,863 m^2, lo cual equivale a un 11.57 % de la superficie total requerida para la ejecución de este, lo cual es muy bajo respecto a la totalidad del proyecto. No obstante, se reconoce que la ejecución del proyecto pudiera provocar una afectación si no se implementan medidas de prevención, mitigación y

CONSULTA PÚBLICA





compensación, que en este caso la ejecución de acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación que serán la medida principal para no provocar un desequilibrio ecológico en el componente fauna, así como la definición de rutas de paso para el libre tránsito de la fauna, evitando así la afectación a la conectividad. Por ello, la ejecución de este proyecto **NO AFECTARÁ AL COMPONENTE DE FAUNA NI INCREMENTARÁ LAS PROBLEMÁTICAS DETECTADAS** dentro de la RE a la pérdida de riqueza y abundancia de fauna, así como sus patrones de desplazamiento.

III.12.8. Análisis satelital de la calidad ecosistémica

Para realizar una síntesis del estado actual de la Región Ecológica (RE), se procedió a regionalizarlo a partir de sus elementos ambientales y antrópicos, con base en la delimitación de unidades biofísicas o unidades ambientales. Se superpusieron mapas y se delimitaron polígonos o áreas con características físicas y biológicas similares, que definen las características propias de cada unidad. La información base y los criterios utilizados en la delimitación fueron:

- Se utilizaron las cartas temáticas de INEGI, a escala 1:250,000. En algunos casos se tomaron imágenes que fueron posteriormente georreferenciadas en el SIG del proyecto.
- Se descartaron las áreas que no cumplen con la superficie mínima cartografiable a escala 1:250,000, que es de 1,000,000 m^2 (1 km^2).
- Debido a que se busca reflejar las condiciones naturales, la información de rasgos antropogénicos no se tomó en cuenta para delimitar las unidades, pero si jugaron un papel primordial para la realización del análisis y calificación como agente de cambio.

Las cartas temáticas utilizadas como base para realizar la regionalización son las siguientes:

Tabla III.250. Relación de la información temática para la regionalización de la calidad ecológica. Elaboración propia.

Información temática	Factor	Indicador	Valor
Uso de suelo y vegetación	Eficiencia ecosistémica	Tipo de uso	(0) Ecosistemas totalmente modificados por asentamientos humanos. (1) Ecosistemas altamente modificados por eliminación de cobertura vegetal sin presentar otro tipo de cobertura, o sustituidos por actividades agrícolas o pecuarias. (2) Ecosistemas parcialmente modificados en donde impera la vegetación en estado sucesional secundario, así como aquellos que por proceso de sucesión se conforman como pastizales. (3) Ecosistemas con modificación ligeramente significativa en donde las condiciones primarias prevalecen y no se ha efectuado una alteración ecosistémica. (4) Ecosistemas sin presentar modificación significativa en donde las condiciones primarias prevalecen y no se ha efectuado una alteración ecosistémica, así como cuerpos de agua.

CONSULTA PÚBLICA





Información temática	Factor	Indicador	Valor
Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales	Áreas prioritarias para la conservación	Conservación por instrumentos legislativos	(0) Áreas que no se encuentran protegidas por decretos oficiales de protección. (3) Áreas que se encuentran protegidas por decretos oficiales de protección.
Degradación del suelo	Pérdida de la calidad del suelo para el correcto funcionamiento del ecosistema	Grado de degradación	(0) Áreas con algún grado de degradación del suelo. (3) Áreas sin grado de degradación del suelo.
Integridad ecosistémica	Calidad del hábitat y los ecosistemas para el desarrollo de la biodiversidad	Grado de integridad ecosistémica	(1) Integridad muy baja (2) Integridad baja (3) Integridad media (4) Integridad alta (5) Integridad muy alta

Como resultado del análisis anterior, se identificaron 6 **clases de calidad ecosistémica** conforme a los valores obtenidos a través del análisis de álgebra de mapas:

Muy alta: Ecosistemas con un excelente estado de conservación donde la cobertura vegetación conserva un estado sucesional primario por lo que el suelo aún conserva sus propiedades fisicoquímicas. Asimismo, los humedales, ecosistemas forestales y cuerpos de agua presentes también cuentan con un buen estado de conservación. Por estos motivos, alberga hábitats ideales para la fauna y flora silvestre. Además, están dentro de importancia para la conservación.

Además, dentro de estas zonas encontramos ecosistemas protegidos a través del sistema de Áreas Naturales Protegidas como el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera o la Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde, así como el Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago.

Alta: Ecosistemas poco degradados en donde aún impera vegetación secundaria con tendencia a la recuperación y vegetación primaria, además de ecosistemas de humedales. También se identificaron cuerpos de agua con poco grado de contaminación. Los suelos aún conservan su fertilidad debido a las coberturas vegetales existentes. Además, estos sitios son prioritarios para su restauración y conservación ya que aún conservan sustancialmente los servicios ecosistémicos como si mantuvieran sus condiciones primarias antes de los disturbios.

Media: Ecosistemas parciamente degradados por la agricultura y el cambio de uso de suelo. Existen manchones con cobertura vegetal en estado sucesional secundario con tendencias a su declive, además de que se presentan suelos erosionados y degradados, también cuerpos de agua contaminados. En varios casos, se tratan de áreas agrícolas en descanso o desuso por la pérdida de fertilidad del suelo o su proyección para la infraestructura.

Baja: Ecosistemas completamente transformados en donde se ha llevado a cabo el cambio de uso de suelo para la agricultura o ganadería, para la industria o para los asentamientos humanos. Aún se conservan parches mínimos de ecosistemas en estado sucesional secundario y cuerpos de agua altamente contaminados.

CONSULTA PÚBLICA





Muy baja: Ecosistemas completamente transformados en donde se ha llevado a cabo el sellamiento del suelo por los asentamientos humanos y caminos, así como áreas desprovistas completamente de vegetación nativa ya que la agricultura y ganadería son los usos actuales. Por ello, el suelo está completamente degradado

g) Tabla III.251. Clases de calidad ecosistémica determinadas para la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

Clase	Descripción	Estrategias para su restauración y/o conservación	Cobertura dentro de la RE	Tendencia corto plazo	Tendencia mediano plazo	Tendencia a largo plazo
(1) Baja	Ecosistemas completamente transformados en donde se ha llevado a cabo el sellamiento del suelo por los asentamientos humanos y caminos, así como áreas desprovistas completamente de vegetación nativa ya que la agricultura y ganadería son los usos actuales. Por ello, el suelo está completamente degradado.	Al tratarse en su mayoría de áreas urbanas y zonas agropecuarias, la ruta sería establecer programas de arborización con especies nativas y resilientes a los núcleos urbanos que permitan generar un punto de conectividad biológica entre los parches de hábitat colindantes. Otra ruta es la implementación de cercos vivos que funjan igualmente como hábitat para la fauna silvestre. Se considera casi imposible la recuperación de la cobertura vegetal original.	707,140,763 m² (20.64 %)	Clase baja Expansión de áreas urbanas y agropecuarias.	Clase baja Expansión de áreas urbanas y agropecuarias.	Clase baja Expansión de áreas urbanas y agropecuarias.
(3) Media	Ecosistemas parciamente degradados por la agricultura y el cambio de uso de suelo. Existen manchones con cobertura vegetal en estado sucesional secundario con tendencias a su declive, además de que se presentan suelos erosionados y degradados, también cuerpos de agua contaminados. En varios casos, se tratan de áreas agrícolas en descanso o desuso por la pérdida de fertilidad del suelo o su proyección para la infraestructura.	Al tratarse en algunos casos áreas agrícolas en desuso o manchones de vegetación en estado sucesional secundario, así como cuerpos de agua contaminados, a través de acciones de restauración como enriquecimiento de ecosistemas, manejo del suelo para recuperar su fertilidad, y acciones de restauración de ecosistemas forestales serían las estrategias principales para su recuperación. En tanto, la implementación de políticas públicas como los ordenamientos y áreas naturales protegidas son útiles para evitar el cambio de uso de suelo y coadyuvar al proceso de sucesión forestal.	407,465,219 m² (11.89 %)	Clase media Expansión y activación de áreas agropecuarias	Clase baja Expansión de áreas e infraestructura agrícolas, vías de comunicación, **cambio de uso de suelo**	Clase baja Expansión de áreas agrícolas núcleos urbanos, vías de comunicación, **cambio de uso de suelo**
(4) Alta	Ecosistemas poco degradados en donde aún impera vegetación secundaria con tendencia a la recuperación y vegetación primaria, además de ecosistemas de humedales. También se identificaron cuerpos de agua con poco grado de contaminación. Los suelos aún conservan su fertilidad debido a las coberturas vegetales existentes.	Al tratarse de áreas cubiertas con comunidades vegetales secundarias con tendencias a la recuperación, vegetación xerófila bien conservada y vegetación primaria, así como cuerpos de agua, las estrategias de conservación ecológica son el enriquecimiento de ecosistemas, reforestaciones, manejo de especies exóticas, restauración de ecosistemas forestales, y creación de hábitats para las especies.	513,736,264 m² (14.99 %)	Clase alta Permanencia de comunidades vegetales y humedales, **permanencia de los ecosistemas existentes**	Clase alta Permanencia de las comunidades vegetales existentes, pero con presión por la expansión agropecuaria	Clase alta Clase media Expansión de áreas agropecuarias en ecosistemas sin afectar, **cambio de uso de suelo**
(5) Muy alta	Ecosistemas con en buen estado de conservación donde la cobertura vegetación conserva un estado sucesional primario por lo que el suelo aún conserva sus propiedades fisicoquímicas. Por estos motivos, alberga hábitats ideales para la fauna y flora silvestre. Además, están dentro de importancia para la conservación.	Al tratarse de cubiertas por ecosistemas en buen estado de conservación, se pueden identificar zonas que requieran intervención activa para su restauración, pero la mejor estrategia consiste en seguir los lineamientos de sus políticas públicas de protección como decretos de ANPs federales o estatales.	1,798,335,007 m² (52.48 %)	Clase muy alta **Permanencia y conservación de ecosistemas**	Clase muy alta Clase alta Permanencia de las comunidades vegetales existentes, pero con presión por la expansión agropecuaria	Clase alta Reemplazo de las comunidades vegetales por la presión agropecuaria, **cambio de uso de suelo**

COPIA PÚBLICA



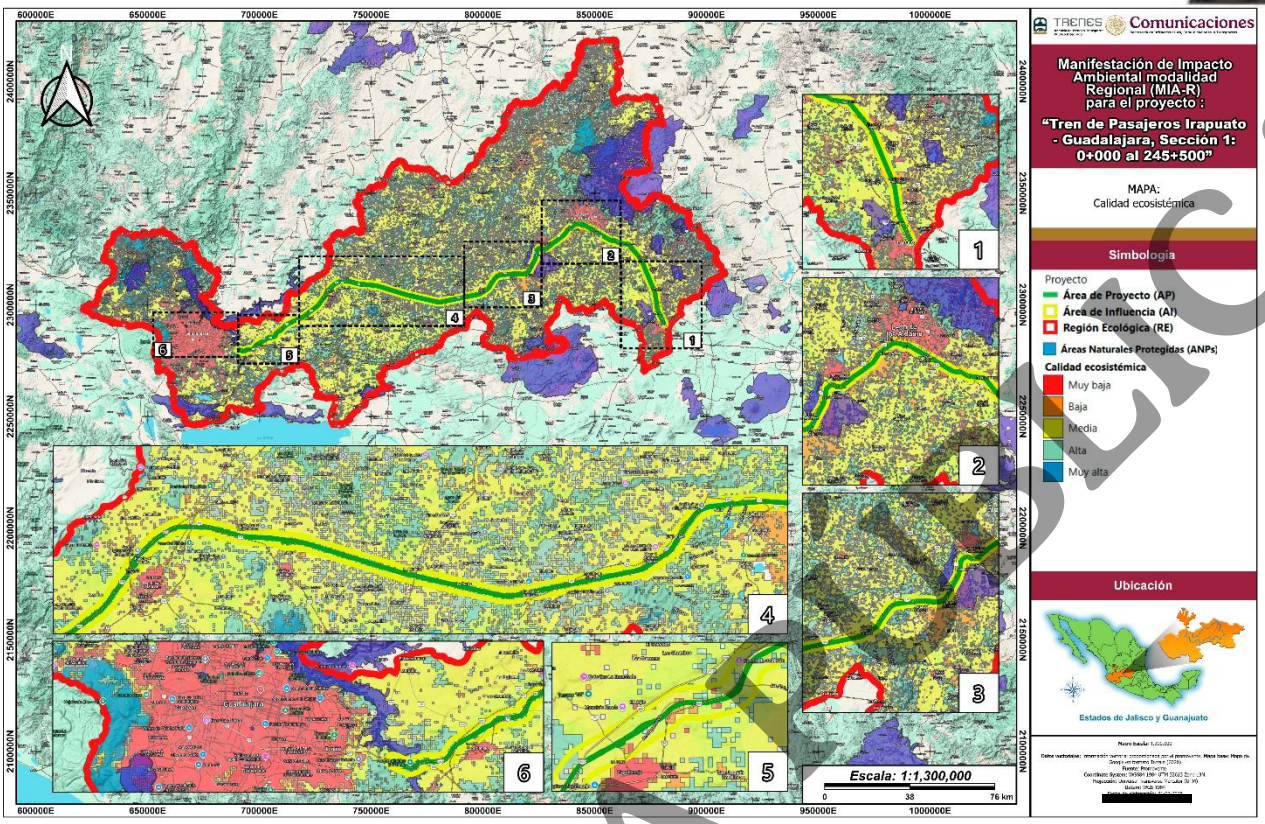


Figura III.306. Calidad ecosistémica regionalizada dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.

A continuación, se presentan los segmentos y cadenamientos por los que atravesará el Área del Proyecto (AP) con respecto a las clases de calidad ecosistémica determinada.

Tabla III.252. Cadenamientos por los que atraviesa el Área del Proyecto (AP) a las clases de calidad ecosistémica. Elaboración propia.

Cadenamiento Inicial	ID	Cadenamiento final	Calidad ecosistémica
0+000	1	4+600	Muy baja
4+600	2	28+300	Media
28+300	3	33+800	Muy baja
33+800	4	37+250	Media
37+300	5	46+200	Muy baja
46+200	6	54+500	Media
54+500	7	67+300	Muy baja
67+300	8	97+400	Baja
97+400	9	105+650	Media
105+650	10	106+950	Alta
106+950	11	241+600	Media
241+600	12	243+400	Alta
243+400	13	245+500	Media

CONSULTA PÚBLICA



III.13. BIBLIOGRAFÍA

(A)

Aguilar, MG., León, G.A.P., Mejía, F.D.B. 2021. Botánica aplicada: Fabaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Aguirre-León, G. 2012. Métodos de estimación captura y contención de anfibios y reptiles. En: Gallina–Tessaro, S. y C. López–González (Eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A.C., Universidad Autónoma de Querétaro, INE–SEMARNAT. México, D.F. 377 pp.

Alanís et al., 2004. En: Carmona-Lara, María del Pila., Foroughbakhch, R., Flores-Valdés, A., Alvarado, M.A y Guzmán, L.M. 2008. Flora cactológica y especies asociadas en el área natural protegida Sierra Corral de los Bandido, Nuevo León, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol.79, no. 2, México.

Alvarado, V., Rahim, F.M., Jurado, E., Rocha, E. 2004. Caracterización morfológica y nutricional del fruto de anacahuita (Cordia boissieri A.DC.) en dos localidades del Noroeste de México. Phyton (B. Alires) V. 73.

Álvarez-Romero, J. G., R. A. Medellín, A. Olivares de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., 518 pp.

Alonso-Rojo, F. y G. F. Cardoza-Martínez. 2018. Peces. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Pp. 293-300.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Ayuntamiento de Monterrey, 2014. Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025. Monterrey.

(B)

Beltrán del Río, L., y González, A.S. 2017. Suelos. En: CONABIO, Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. La Biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado. Volumen I. 2017.

Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (http://www.conabio.gob.mx. México).

BirdLife International. 2016. *Buteo swainsoni*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22695903A93533217. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22695903A93533217.en. Consultado el 21 de Julio de 2025.

BirdLife International. 2019. *Anas platyrhynchos* (amended version of 2017 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22680186A155457360. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22680186A155457360.en. Consultado el 21 de Julio de 2025.

(C)

Canales. E. AICA:NE-38, Área Natural Sierra de Zapalinamé. En: Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (http://www.conabio.gob.mx. México).

CONSULTA PÚBLICA





Canales, G.L. y Morán, R.F., 2017. Geología. En: CONABIO, Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. La Biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado. Volumen I. 2017.

Carey, J.H., 1994. *Gutierrezia microcephala.* En: "Fire Effects Information System". U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory.

Castañeda-Gaytán, G. 2018. Resumen ejecutivo. La biodiversidad en Coahuila. Estudio de estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Pp. 291-292.

Ceballos., G., G. Santos-Barrera y L. Canseco-Márquez. 2024. Anfibios y reptiles de México en peligro de extinción, volumen II, Reptiles. Grañén Porrúa-Lito Grapo, Ciudad de México.

Chávez, C., A de la Torre, H. Bárcenas, R.A. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos. 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

CONAGUA, s.f. Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológica-Administrativa VI Río Bravo. Gobierno de México.

CONAGUA, 2014. Caracterización fluvial e hidráulica de las inundaciones en México. Organismo de Cuenca VI. Río Bravo. Zona de estudio: Área Metropolitana de Monterrey: Ríos Pesquería, Santa Catarina y San Juan. Instituto de Ingeniería UNAM.

CONAGUA, 2024. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Área Metropolitana de Monterrey (1906), estado de Nuevo León. Subdirección general técnica. Gerencia de aguas subterráneas. Ciudad de México.

CONANP, 2017. Áreas naturales Protegidas, Conectividad y Manejo Integrado del Paisaje.

Contreras, D.C. 2007. Geografía de Nuevo León. Monterrey N.L. Fondo Editorial de Nuevo León. 229 p.

Contreras-Balderas, A. J., J. I. González-Rojas, J. A. García-Salas y I. Ruvalcaba-Ortega. 2008. Nuevo León. En: Ortiz-Pulido, R., A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto y A. T. Peterson (eds.). Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 165-198.

Contreras-Balderas, A. J., M. Cotera-Correa, G. M. García-Deras, J. A, García-Salas, M. Guerrero-Madriles, S. López de Aquino, F. J. Hereria-Pineda, E. A. Lozano-Cavazos, F. I. Morán-Rosales y L. M. Scott-Morales. 2018. Aves. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Pp. 361-374.

(D)

Domínguez-Torres. E. 2007. Ficha técnica de *Falco peregrinus.* En: Escalante, P (Compilador). "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W042. México. D.F.

Domínguez *et al., 2013.* En: Graciano-Ávila, G.; E. Alanís-Rodríguez, Ó.A. Aguirre-Calderón, E.A. Rubio-Camacho, y M.A. González-Tagle. 2018. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD POSTINCENDIO EN UN ÁREA DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO. Polibotánica, Núm. 45: 89-100.

DUMAC. 2012. Estudios genéticos aportan información para la conservación del pato mexicano (*Anas diazi*). Mundo DUMAC.

(E)

CONSULTA PÚBLICA





Elvira, 2006. En: Trucios Caciano, Ramón, Valenzuela Nuñez, Luis Manuel, Ríos Saucedo, Julio César, Rivera González, Miguel, Estrada Ávalos Juan. CAMBIO DE USO DE SUELO EN COAHUILA Y DURANGO. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas.*

Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Elementos. 52:53-56.

(G)

Gahona, G. (2011). Factores bióticos y abióticos. Recuperado de http://cenevalenlinea.com/estrategias/item/26-factores-bi%C3%B3ticos-y-abi%C3%B3ticos.html

Gonzáles-Aldaco, S. X. 2017. Geografía, división territorial y fisiografía. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado, vol. I. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 33-44.

González-Elizondo *et al.* (2017) En: Villaseñor, J.L., Encina-Domínguez, J.A.., Estrada-Castillón, E., Hinton, G.S., Mora-Olivo, A., Ortíz, E., Villareal-Quintanilla, J. 2023. Diversidad florística de la región noreste de México, estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Botanical Sciences 101(4):1301-1319.

Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados-Victorino, R. L. y Borja-de-la-Rosa, A. (2011). Ecologíade la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista ChapingoSerie Ciencias Forestales y del Ambiente.* 17: 111-130.

Graciano-Ávila, G.; E. Alanís-Rodríguez, Ó.A. Aguirre-Calderón, E.A. Rubio-Camacho, y M.A. González-Tagle. 2018. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD POSTINCENDIO EN UN ÁREA DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO. Polibotánica, Núm. 45: 89-100.

(H)

Hammerson, G.A., Vazquez Díaz, J., Gadsden. H., Quintero Díaz, G.E., Ponce-Campos, P. & Lavin, P. 2007. Coleonyx brevis. The IUCN Red List of Threatened Species 2007:e.T64034A12738606. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T64034A12738606.en. Consultado el 21 de Julio de 2025.

Hernández y Godínez, 1994. En: Carmona-Lara, María del Pila., Foroughbakhch, R., Flores-Valdés, A., Alvarado, M.A y Guzmán, L.M. 2008. Flora cactológica y especies asociadas en el área natural protegida Sierra Corral de los Bandido, Nuevo León, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol.79, no. 2, México.

Hershkovitz y Zimmer, 1977. En: Carmona-Lara, María del Pila., Foroughbakhch, R., Flores-Valdés, A., Alvarado, M.A y Guzmán, L.M. 2008. Flora cactológica y especies asociadas en el área natural protegida Sierra Corral de los Bandido, Nuevo León, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol.79, no. 2, México.

Horvárth, A., E. J. Naranjo y J. E. Bolaños. 2010. Bases para el monitoreo de Mamíferos silvestres. pp. 50-70. En: Manual para el conocimiento, evaluación y monitoreo de la diversidad biológica. ECOSUR.

(I)

INAFED, 2017. Enciclopedia de los Municipios de México. Obtenido de http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/

INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. s.f. Recuperado de: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/421/cap2.html

INEGI, 1983. Síntesis geográfica de Coahuila.

INEGI, 1986. Síntesis Geográfica del estado de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Mexico, D.F.

CONSULTA PÚBLICA



INEGI,2005. Guía para la interpretación de cartografía geológica.
INEGI, 2011. Sistema de topoformas de Coahuila, México.
INEGI, 2017. Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250, 000: serie VI / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
INEGI, 2020. Marco Geoestadístico. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 2014. Atlas de Riesgos del Municipio de Saltillo, Coahuila.

(J)

Jiménez-Guzmán, A., M. A. Zúñiga-Ramos, y J. A. Niño-Ramírez. 1997. Lista anotada de Mamíferos de Nuevo León, México. Revista Mexicana de Mastozoología 2: 132-141.
Jiménez-Guzmán, A., M. A. Zúñiga-Ramos, y J. A. Niño-Ramírez. 1999. Mamíferos de Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León 2. 178 pp.
Jiménez-Velázquez, G., J. A. Sandoval-Quintero, N. Trigo-Boix. 2012. Guía Teórica y Metodológica para el Conocimiento y Manejo de la Herpetofauna. Universidad Autónoma Metropolitana. 103 pp.

(K)

Kelly, L.M., H. Ochoterena, y R. Medina, 2001. *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán.* Instituto de biología, UNAM. 25 pp.
Krebs, C. J. 2000. Ecología: Estudio de la distribución y de la abundancia. Segunda Edición. Oxford University Press. México. México D.F. 753 pp.

(L)

Lemos-Espinal, J. A. y H. M. Smith 2008. Anfibios y Reptiles del Estado de Coahuila, México/ Amphibians and Reptiles of the State of Coahuila, México. CONABIO, México, 550 pp.
Lemos-Espinal, J. A. H. M. Smith, J. R. Dixon y A. Cruz. 2015. Anfibios y reptiles de Sonora, Chihuahua, y Coahuila, México / Amphibians and reptiles of Sonora, Chihuahua, and Coahuila, México. CONABIO. Tomo/ Volume I, 714 pp.
Lemos-Espinal, J.A., G. R. Smith y A. Cruz .2016. Amphibians and Reptiles of the state of Nuevo León, Mexico. ZooKeys 594: 123–141.
Luna, I., Morrone, J. J., y Espinosa, D. (Eds.). 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México.

(M)

Macías-Caballero, C., Enkerlin-Hoeflich, E. y Ortíz-Maciel, G. 2008. Ficha técnica de *Rhynchopsitta terrisi.* En: Escalante-Pliego, P. (compilador). "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W042. México. D.F.
Martínez S.M. 2013. Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México: 217-217, INIFAP, México, 2013
Mayorga-Hernández, E., D. Rössel-Kipping, H. Ortiz-Laurel, A. R. Quero-Carrillo, A. Amante-Orozco. 2004. Análisis comparativo en la calidad de fibra de Agave lecheguilla Torr., procesada manual y mecánicamente. Agrociencia, 38: 219-225.
Medina, Ch.A., Salazar, Ch. T., Álvarez, P.J. 2010. Fisiografía y Suelos. En: Florescano, E., Ortiz, J. Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz. I Patrimonio Natural.

CONSULTA PÚBLICA

Michalzik, D. 1988. Trias bis tiefste Unter-Kreide der nordöslichen Sierra Madre Oriental, México. Darmstad, Alemania.

Moreno C. E., 2001. Manuales para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA vol. 1. ORCYT/UNESCO & SEA. 84 pp.

Muñoz- Alonso, L. A. 2010. Inventario y Monitoreo de Anfibios y Reptiles. En: León-Cortés, J. L., E. J. Naranjo, N. Ramírez-Marcial, J. L. Rangel-Salazar, A. Horvath, A. Muñoz-Alonso y M. Ishiki-Ishihara (Eds.) Manual para el Reconocimiento, Evaluación y Monitoreo de la diversidad biológica. ECOSUR.

(N)

Nevárez-de los Reyes, M., D. Lazcano, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, J. D. Johnson, and L. D. Wilson. 2016. The herpetofauna of Nuevo León, México: composition, distribution, and conservation. Mesoamerican Herpetology 3: 558-638.

(P)

Palacios, R.A., 2006. "Los Mezquites Mexicanos: Biodiversidad y Distribución Geográfica". *Bol. Soc. Argent. Bot.*, **41 (1-2)**: 99-121

(R)

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004a. *Cophosaurus texanus*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004b. *Crotaphytus collaris*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004c. *Rana berlandieri*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004d. *Tantilla atriceps*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez-González, A. 2006. Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz y A. J. Contreras-Balderas. 2018. Mamíferos. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Pp. 411-417.

Ramos-Zúñiga Luis G., Hugo C. Medina-Ferrusquía y Juan C. Montalvo-Arrieta. 2012. Patrones de sismicidad en la curvatura de Monterrey, noreste de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 29(2):572-589.

Rangel-Salazar, J. L. y E. Pineda-Diez de Bonilla. 2010. Monitoreo de aves. En: León-Cortés, J. L., E. J. Naranjo, N. Ramírez-Marcial, J. L. Rangel-Salazar, A. Horvath, A. Muñoz-Alonso y M. Ishiki-Ishihara (Eds.) Manual para el Reconocimiento, Evaluación y Monitoreo de la diversidad biológica. ECOSUR.

CONSULTA PÚBLICA

Reyes-Agüero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R. y Peña-Valdivia,C. B. (2000). Biología y aprovechamiento de Agave lechuguilla Torrey. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 67: 75-88.

Rueda-Torres, J. R.; Leon-Pesqueira, L. De y Gatica-Colima, A. B.2022. Fabáceas del área de protección de flora y fauna médanos de Samalayuca, Chihuahua, México. *Polibotánica*, n.53, pp.1-12.

Rzedwski, 2006. En: Encina-Domínguez, Juan A.; Arevalo-Sierra, José R.; Villarreal-Quintanilla, José A. y Estrada Castillón, Eduardo. Composición, estructura y riqueza de plantas vasculares del matorral xerófilo en el norte de Coahuila, México. *Bot. sci* [online]. 2020, vol.98, n.1, pp.1-15.

(S)

SEMARNAT, 2022. Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120999/Gu_a_MIA_Particular_Comunicaciones.pdf

(T)

Trucios Caciano, Ramón, Valenzuela Nuñez, Luis Manuel, Ríos Saucedo, Julio César, Rivera González, Miguel, Estrada Ávalos Juan. CAMBIO DE USO DE SUELO EN COAHUILA Y DURANGO. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas.*

(V)

Valenzuela-Ceballos, S.I., G. Castañeda-Gaytán, M. A. Cueto-Mares, H. Gasden, L. Oliver-López, D. Lazcano, G. A. Woolrich-Piña y J. A. Lemos-Espinal. 2018. Anfibios. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Pp. 321-327.

Villaseñor 2003. En: Encina-Domínguez, Juan A.; Arevalo-Sierra, José R.; Villarreal-Quintanilla, José A. y Estrada Castillón, Eduardo. Composición, estructura y riqueza de plantas vasculares del matorral xerófilo en el norte de Coahuila, México. *Bot. sci* [online]. 2020, vol.98, n.1, pp.1-15.

Villaseñor, J.L., Encina-Domínguez, J.A.., Estrada-Castillón, E., Hinton, G.S., Mora-Olivo, A., Ortíz, E., Villareal-Quintanilla, J. 2023. Diversidad florística de la región noreste de México, estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Botanical Sciences 101(4):1301-1319.

(Y)

Young, B.E., K.R. Lips, J.K. Reaser, R. Ibañez, A.W. Salas, J.R. Cedeño, L.A. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J.R. Meyer, A. Muñoz, F. Bolaños, G. Chaves, y D. Romo. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. Conservation Biology 15: 1213–1223.

CONSULTA PÚBLICA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA-R) PARA EL PROYECTO DENOMINADO:

"Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

SICT (SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTE)

ATTRAPI
(AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO)



ÍNDICE

CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 5

IV.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES **7**

IV.1.1 Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica (RE) 7

IV.1.2 Análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales 8

IV.1.3 Identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales en el área del proyecto (AP) 16

IV.1.4 Caracterización de los impactos 20

IV.1.5 Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración 36

IV.1.6 Impactos Residuales 63

IV.1.7 Impactos Acumulativos 70

IV.1.8 Resumen del análisis de los impactos ambientales significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales 79

IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LA EXTENSIÓN E INTENSIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, SINÉRGICOS, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES ANTES SEÑALADOS Y SUS EFECTOS **81**

IV.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 86

IV.3.1 Clasificación de medidas ambientales 86

IV.3.2 Medidas ambientales a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto 88

IV.3.3. Seguimiento y control 127

IV.4 CONCLUSIONES **127**

IV.5 BIBLIOGRAFÍA **129**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1. Interacciones potenciales vs interacciones reales del proyecto. Elaboración propia. 24

Figura IV.2. Interacciones en las etapas del proyecto. Elaboración propia 25

Figura IV.3. Interacciones por componente ambiental. Elaboración propia 27

Figura IV.4. Polígono del Área de Influencia (AI). Elaboración propia. 85

CONSULTA PÚBLICA





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la RE y AP. Elaboración propia.....8

Tabla IV.2. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia.....9

Tabla IV.3. Desglose de etapas y actividades del proyecto. Elaboración propia.....16

Tabla IV.4. Cadena de desglose para la obtención de los factores. Elaboración propia.....17

Tabla IV.5. Criterios y valores de la Matriz de Conesa-Vítora.....17

Tabla IV.6. Magnitud del impacto. Elaboración propia.....19

Tabla IV.7. Componentes y Factores ambientales y sus indicadores. Elaboración propia.....20

Tabla IV.8. Actividades del Proyecto generadoras de impactos ambientales. Elaboración propia. 23

Tabla IV.9. Número de impacto por etapa del proyecto. Elaboración propia.....24

Tabla IV.10.Interacciones reales que causan cambios en los atributos ambientales. Elaboración propia.....25

Tabla IV.11.Interacciones positivas y negativas detectadas por atributo ambiental. Elaboración propia.....26

Tabla IV.12. Matriz de causa-efectos Conesa-Vítora. Elaboración propia.....28

Tabla IV.13. Clasificación de los Impactos Ambientales identificados de acuerdo con la importancia del impacto. Elaboración propia.....34

Tabla IV.14. Valoración de los impactos ambientales. Elaboración propia.....35

Tabla IV.15. Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.....36

Tabla IV.16. Tipos de medidas aplicables al proyecto. Elaboración propia.....86

Tabla IV.17. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.....88

Tabla IV.18. Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental. Elaboración propia.....90

CONSULTA PÚBLICA





ACRÓNIMOS

AMG: Área Metropolitana de Guadalajara.
AP: Área de Proyecto.
ATTRAPI: Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado.
CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
CO_2: Dióxido de Carbono.
CFC: Cloroflourocarbono.
CH_4: Metano.
CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.
FERROEX: Ferrocarril Mexicano.
h: Hora.
ha: Hectárea.
km: kilómetro.
IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
GYCEI: Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.
LGDFS: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
MIA-R: Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional.
m: Metro.
m^2. Metro cuadrado.
m^3: Metro cúbico.
mm: Milímetro.
N_2O: Óxido nitroso.
O_3: Ozono.
ODL: Obra de drenaje longitudinal.
ODT: Obra de drenaje transversal.
PF: Polígono forestal.
PK: Cadenamientos.
PIG: Paso inferior ganadero.
PIF: Paso inferior ferroviario.
PIP: Paso inferior peatonal.
PSG: Paso superior ganadero.
PSF: Paso superior ferroviario.
SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SICT: Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.
SIGEIA: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental.
t: Tonelada.

CONSULTA PÚBLICA



CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

En el presente capítulo se desarrolla el análisis integral de los impactos ambientales que podrían generarse como consecuencia de la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento del proyecto, etapas por parte del proyecto **"Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500"**, considerando tanto los efectos directos como indirectos, así como los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales dentro de la Región Ecológica (RE) definida para la evaluación ambiental. A continuación, se presenta una síntesis del proyecto en comento.

El proyecto "Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500" consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una nueva línea férrea destinada al transporte de pasajeros, con una longitud aproximada de 245.5 km, que conectará la ciudad de Irapuato, en el estado de Guanajuato, con la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el estado de Jalisco. El Área del Proyecto (AP) tiene una superficie total de 973.9649 ha (9,739,649.58 m²), calculada en QGIS bajo la proyección EPSG:6372 (México ITRF2008), equivalente a 983.4470 ha conforme a la metodología de cálculo del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental (SIGEIA), y su trazo incide sobre 12 municipios distribuidos en dos entidades federativas: cinco en el estado de Guanajuato (Irapuato, Silao de la Victoria, León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón) y siete en el estado de Jalisco (San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic, Zapotlanejo y Tonalá). El trazo inicia en el Pk 0+000, en la zona del patio ferroviario de Irapuato, Guanajuato, y concluye en el Pk 245+500, en el municipio de Tonalá, Jalisco.

De manera general, el proyecto integra de:

- 1 plataforma ferroviaria (conformada por terraplén, corte, tierra armada).
- 17 viaductos.
- 7 estaciones y paraderos de pasajeros.
- 371 obras de cruce hidráulico:
  - 289 obras de Drenaje Transversal (ODTs).
  - 82 puentes.
- 33 tramos de Obras de Drenaje Longitudinal.
- 23 pasos peatonales.
- 96 pasos superiores e inferiores:
  - 15 Pasos Superiores Ganaderos.
  - 49 Pasos superiores ferroviarios.
  - 12 Pasos inferiores ganaderos.
  - 20 Pasos inferiores ferroviarios.

Para ello, se parte de la caracterización de la Región Ecológica (RE) presentada en el capítulo anterior, identificando las interacciones entre las acciones del proyecto y los componentes físicos, bióticos, paisajísticos y socioeconómicos susceptibles de ser

CONSULTA PÚBLICA



modificados. Posteriormente, mediante una metodología sistemática de evaluación de impactos ambientales, se determina la naturaleza, magnitud, extensión, duración, reversibilidad, periodicidad, probabilidad de ocurrencia e importancia de cada impacto, con el propósito de establecer su significancia ambiental.

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental orientadas a evitar o minimizar los impactos negativos, potenciar los efectos positivos y favorecer la conservación de los recursos naturales y de los servicios ecosistémicos presentes en la Región Ecológica. Asimismo, se identifican aquellos impactos residuales que permanecerían una vez implementadas las medidas ambientales, evaluando su aceptabilidad y compatibilidad con la capacidad de resiliencia de la Región Ecológica (RE).

Finalmente, este capítulo integra la valoración global de la viabilidad ambiental del proyecto, considerando el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, los instrumentos de política ambiental aplicables y los principios de prevención, desarrollo sustentable y conservación de la biodiversidad, proporcionando los elementos técnicos que sustentan la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental.

CONSULTA PÚBLICA





IV.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

IV.1.1 Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica (RE)

La identificación de los impactos ambientales existentes dentro de la Región Ecológica (RE) constituye un elemento fundamental para comprender el estado actual del sistema ambiental que hay dentro de la RE y establecer una línea base que permita diferenciar las alteraciones preexistentes de aquellas que pudieran generarse como consecuencia del desarrollo del proyecto. Este análisis proporciona el contexto ambiental necesario para evaluar objetivamente la contribución del proyecto sobre las dinámicas ecológicas regionales y determinar la magnitud real de los impactos potenciales.

Con base en la información generada durante la caracterización ambiental presentada en el Capítulo III, se identifican las principales presiones ambientales que actualmente inciden sobre la Región Ecológica, derivadas tanto de procesos naturales como de actividades antropogénicas, tales como los cambios de uso del suelo, el desarrollo urbano e industrial, las actividades agropecuarias, la infraestructura existente, la fragmentación del hábitat, la pérdida de cobertura vegetal, la alteración de los procesos hidrológicos, la contaminación de los diferentes medios ambientales y otras fuentes de perturbación que condicionan el funcionamiento del sistema ambiental regional.

La identificación de estos impactos existentes permite reconocer las tendencias de deterioro, conservación o recuperación de los distintos componentes ambientales, así como las relaciones funcionales entre ellos, proporcionando elementos técnicos para evaluar la vulnerabilidad y capacidad de resiliencia de la Región Ecológica frente a nuevas perturbaciones.

Asimismo, este análisis constituye la base para la posterior identificación y evaluación de los impactos ambientales atribuibles al proyecto, particularmente aquellos de carácter negativo significativo, acumulativo, sinérgico y residual, conforme a los criterios establecidos en la legislación ambiental vigente y en las metodologías de evaluación de impactos ambientales aplicables. De esta manera, es posible determinar si las acciones del proyecto incrementarán, modificarán o interactuarán con las presiones ambientales ya existentes, diferenciando los efectos propios del proyecto de aquellos derivados de procesos históricos o actividades previamente establecidas dentro de la Región Ecológica.

Finalmente, los resultados obtenidos servirán como referencia para el diseño de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental, orientadas no solamente a reducir los impactos generados por el proyecto, sino también a contribuir, en la medida de lo posible, a la recuperación y fortalecimiento de las condiciones ambientales de la Región Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA



IV.1.2 Análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales

La identificación de los impactos ambientales existentes dentro de la Región Ecológica (RE) se realizó mediante el análisis e integración de información cartográfica, bibliográfica y de la línea base ambiental desarrollada en los Capítulos II y III de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R). Este análisis permitió caracterizar las condiciones actuales de la RE a partir de la evaluación de sus componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos, incluyendo el clima, la fisiografía, la geomorfología, las topoformas, la edafología, la hidrología superficial y subterránea, la calidad del agua, la atmósfera y la calidad del aire, los procesos de degradación del suelo, la cobertura vegetal, la fauna silvestre, el paisaje y las condiciones socioeconómicas predominantes.

Con base en la caracterización ambiental de la Región Ecológica (RE), se identificaron los factores y componentes ambientales que constituyen indicadores relevantes para evaluar el estado actual de la Región Ecológica y reconocer las presiones e impactos existentes. Esta evaluación establece la línea base de referencia sobre la cual se analizarán los impactos ambientales atribuibles al proyecto durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y, en su caso, abandono. Asimismo, proporciona los elementos técnicos necesarios para valorar la magnitud y relevancia de dichos impactos y sustentar la definición de las medidas de prevención, mitigación, compensación y, cuando corresponda, restauración ambiental.

A continuación, se presentan los factores y componentes ambientales considerados susceptibles de interacción con las actividades del proyecto y que serán utilizados para la identificación y evaluación de los impactos ambientales en la Región Ecológica y en el Área de Proyecto.

Tabla IV.1. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la RE y AP. Elaboración propia.

Medio	Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto ambiental presente
Elementos naturales abióticos	Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma
	Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos
		Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)
		Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo
		Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles
	Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas
		Acústica	Aumento en los niveles de ruido
	Hidrología	Dinámica hidrológica	Cambio en los patrones de escurrimiento
			Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua)
		Calidad del agua superficial y subterránea	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea
Biodiversidad	Vegetación	Estructura del ecosistema	Pérdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat
			Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona)
		Diversidad de la flora silvestre	Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre

CONSULTA PÚBLICA



Medio	Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto ambiental presente
		Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre
	Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)
			Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre
		Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre
		Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat
			Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura
		Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)
Social	Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos
			Incremento del nivel socioeconómico de la región
		Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público
		Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas
Cultural	Patrimonio cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural

Una vez identificados los factores ambientales dentro de la Región Ecológica (RE) susceptibles de sufrir alteraciones por la construcción del proyecto, se procedió a determinar los impactos ambientales potenciales. Este proceso se fundamentó en la consulta de fuentes bibliográficas sobre las actividades actuales en la zona, así como en la caracterización previa de la RE.

Tabla IV.2. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia.

Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma	En la Región Ecológica se encuentra el desarrollo de varios Bancos de material, cortes y terraplenes carreteros, caminos rurales, minería, urbanización y obras hidráulicas.	**Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, puntual a local, de intensidad media a alta; modifica pendientes, microrelieves y estabilidad superficial. Las modificaciones del relieve alteran la dinámica geomorfológica, favoreciendo procesos erosivos y cambios en la estabilidad del terreno (Tarbuck *et al.*, 2020; Pedraza, 1996).

CONSULTA PÚBLICA



Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos	De acuerdo con datos del INEGI, dentro de la Región Ecológica se desarrollan diversas actividades económicas e industriales. Entre ellas destacan los talleres automotrices y de maquinaria pesada, las estaciones de servicio, la minería, el transporte y las actividades agropecuarias, así como la presencia de tiraderos clandestinos. Asimismo, operan industrias textiles y fábricas enfocadas en la producción de químicos básicos, específicamente sulfato básico de cromo (en presentación líquida y sólida) y dicromato de sodio.	**Impacto Negativo**, Como consecuencia de estas actividades, el impacto ambiental es de carácter puntual, con una intensidad variable y que puede ser temporal o persistente. Este impacto propicia la acumulación de residuos sólidos, hidrocarburos, cromo y metales pesados en general. Además, provoca alteraciones significativas en el pH, la salinidad y la materia orgánica. En este sentido, tanto los derrames como la acumulación de residuos modifican drásticamente las propiedades fisicoquímicas del suelo, reduciendo su calidad ambiental (Brady & Weil, 2017; FAO, 2015).
	Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)	Debidos a los desmontes, sobrepastoreo, agricultura de temporal, apertura de caminos, bancos de material y pérdida de cobertura vegetal.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; favorece pérdida de suelo fértil, arrastre de sedimentos y reducción de productividad edáfica. La remoción de cobertura vegetal incrementa la erosión hídrica y eólica (Morgan, 2005; FAO, 2015).
	Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo	Carreteras, zonas urbanas, patios de maniobra, terracerías, tránsito de maquinaria y actividades ganaderas.	**Impacto Negativo**, permanente, puntual a local, intensidad media; reduce infiltración, aumenta escurrimientos y limita aireación del suelo. La compactación disminuye la infiltración y la aireación del suelo (Brady & Weil, 2017).
	Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles	Sobreexplotación de acuíferos, urbanización, infraestructura lineal, extracción de materiales y compactación.	**Impacto Negativo**, permanente, local, intensidad media a alta; puede asociarse con subsidencia, agrietamientos y pérdida de estabilidad del terreno, especialmente en zonas con extracción intensiva de agua subterránea. La sobreexplotación de acuíferos favorece subsidencia en zonas susceptibles (CONAGUA, 2024).
Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas	Tránsito vehicular en carreteras y caminos, urbanización, operación de maquinaria pesada, actividad industrial textiles y fábricas enfocadas en la producción de químicos básicos).	**Impacto Negativo**, Se clasifica de carácter acumulativo, permanente y de intensidad media, con un alcance que abarca desde el nivel local hasta el regional. Este impacto se debe principalmente a la generación de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI) derivadas de la quema de combustibles fósiles. Asimismo, a esto se suma la suspensión de

CONSULTA PÚBLICA



Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
				partículas de polvo ocasionada por el tránsito vehicular en caminos no pavimentados, así como por las actividades de construcción y extracción de materiales. En conjunto, estos factores contribuyen significativamente al deterioro de la calidad del aire y al incremento global de los gases de efecto invernadero (IPCC, 2023; SEMARNAT, 2023).
		Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas	Áreas con cobertura vegetal conservada, programas de restauración y reforestación, prácticas agrícolas de conservación, control de emisiones industriales y vehiculares	Impacto Positivo, local a regional, acumulativo, de mediano a largo plazo, intensidad baja a media. La cobertura vegetal existente contribuye a la captura de dióxido de carbono y a la retención de partículas suspendidas, favoreciendo el mantenimiento de la calidad del aire en áreas con limitada actividad industrial y baja densidad poblacional. Las medidas de revegetación y control reducen emisiones difusas en el ambiente (IPCC, 2023).
	Acústica	Aumento en los niveles de ruido	Tránsito vehicular en carreteras y caminos, actividad industrial, urbanización, operación de maquinaria pesada	Impacto Negativo, temporal a permanente, local, intensidad media. El funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipos genera un incremento en los niveles de presión sonora, pudiendo alterar el ambiente acústico y ocasionar molestias a la población y perturbación de la fauna silvestre, particularmente en zonas cercanas a las fuentes emisoras. El ruido modifica el comportamiento de fauna y afecta el bienestar de la población aledaña (WHO, 2018).
Hidrología	Dinámica hidrológica	Cambio en los patrones de escurrimiento	Caminos, terracerías, obras de drenaje, urbanización, desmontes y compactación del suelo.	Impacto Negativo, acumulativo, local a regional, intensidad media; modifica la dirección, velocidad y volumen del escurrimiento superficial. Las superficies impermeables alteran el balance hidrológico en la RE (Chow et al., 1988; Dingman, 2015).
		Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua)	Sellamiento del suelo, pavimentos, compactación, deforestación y expansión urbana.	Impacto Negativo, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media; reduce almacenamiento hídrico y puede incrementar presión sobre acuíferos. Debido a las actividades que implican el sellamiento de suelo se ha visto que la infiltración de agua a aguas subterráneas disminuye por

CONSULTA PÚBLICA



Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
				pérdida de permeabilidad (CONAGUA, 2024; Chow et al., 1988).
	Calidad del agua superficial y subterránea	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea	Descargas de aguas residuales urbanas, residuos, agroquímicos, minería, talleres, derrames, arrastre de sedimentos, operan industrias textiles y fábricas enfocadas en la producción de químicos básicos, específicamente sulfato básico de cromo.	Impacto Negativo, Presenta una temporalidad que varía de temporal a persistente, una extensión de puntual a regional y una intensidad variable. Este deterioro se manifiesta en la alteración de parámetros fisicoquímicos fundamentales del agua, ocasionando variaciones en la turbidez, así como el incremento en la concentración de nutrientes, hidrocarburos, metales pesados y carga orgánica. De acuerdo con la CONAGUA (2024), la calidad del agua en la región ha sufrido un grave detrimento debido a la acumulación de sedimentos y contaminantes. A esta situación se suma un pasivo ambiental crítico, focalizado principalmente en San Francisco del Rincón, Guanajuato, provocado por la disposición inadecuada y acumulación histórica de residuos peligrosos procedentes de la industria de químicos básicos. Esta zona presenta una severa contaminación edáfica por alúmina y cromo hexavalente —un compuesto de alta toxicidad—. Mediante procesos de lixiviación y el arrastre por escurrimientos superficiales durante eventos pluviales, estos contaminantes se infiltran y migran, alcanzando tanto los cauces superficiales como los mantos acuíferos, lo que compromete severamente la dinámica hidrológica y la calidad del recurso hídrico regional.
Vegetación	Estructura del ecosistema	Perdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat	Agricultura, ganadería, caminos, crecimiento urbano, minería, aprovechamientos forestales y cambio de uso de suelo.	Impacto Negativo, acumulativo, local a regional, intensidad media a alta; reduce conectividad, cobertura y continuidad de comunidades vegetales. La pérdida de cobertura reduce servicios ecosistémicos y resiliencia (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2016). La fragmentación incrementa el efecto de borde y reduce conectividad (Forman & Godron, 1986; Fahrig, 2003).
		Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y	Desmontes, incendios, sobrepastoreo, especies invasoras, extracción de leña y disturbios recurrentes.	Impacto Negativo, acumulativo, local, intensidad media; altera regeneración natural, dispersión, polinización y resiliencia del ecosistema.

CONSULTA PÚBLICA



Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
		crecimiento de la vegetación de la zona)		Debido a estas actividades los disturbios modifican la sucesión ecológica (Pickett & White, 1985).
	Diversidad de la flora silvestre	Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre	Remoción de vegetación, tránsito, aprovechamiento forestal, expansión agrícola y ganadera.	Impacto Negativo, directo, local, intensidad media; puede reducir abundancia, cobertura, reclutamiento y composición florística. La remoción de la vegetación ha ocasionado una alteración en los hábitats de las especies locales lo que a afectado en su riqueza y abundancia florística (Rzedowski, 2006).
	Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre	Desmonte, extracción, fragmentación, incendios, caminos y cambio de uso de suelo.	Impacto Negativo, significativo cuando involucra especies en riesgo, puntual a local, intensidad media a alta; requiere rescate, reubicación y monitoreo. Las especies en riesgo requieren medidas específicas (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2024; CITES, 2023).
Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)	Tránsito vehicular, maquinaria, asentamientos, iluminación nocturna, industria y construcción.	Impacto Negativo, temporal o recurrente, local, intensidad baja a media; puede provocar desplazamiento, abandono de nidos, madrigueras o zonas de alimentación. El ruido y la luz alteran el comportamiento y la reproducción de las especies locales (Primack, 2020).
		Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre	Pérdida de hábitat, atropellamientos, cacería, fragmentación, contaminación y presencia humana.	Impacto Negativo, acumulativo, local a regional, intensidad media; afecta disponibilidad de refugio, alimento y sitios reproductivos. Las poblaciones de las especies que habitan en ese lugar se ven afectadas por lo que se requiere su rescate y monitoreo (SEMARNAT, 2010).
	Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre	Cambio de uso de suelo, caminos, tráfico vehicular, captura, perturbación y pérdida de hábitat.	Impacto Negativo, potencialmente significativo, local, intensidad media a alta; requiere acciones de rescate, ahuyentamiento, reubicación y seguimiento. La reducción del hábitat disminuye poblaciones sobre todo las de las especies más expuestas o en peligro de extinción (Primack, 2020).
	Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat	Caminos, líneas de infraestructura, agricultura, ganadería, minería y urbanización.	Impacto Negativo, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media a alta; reduce refugios, madrigueras, perchas, sitios de anidación y rutas de desplazamiento.

CONSULTA PÚBLICA



Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
				La pérdida de hábitat ha afectado el refugio y alimentación de muchas especies locales (Forman, 1995).
		Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre	Infraestructura lineal, cercos, carreteras, crecimiento urbano y pérdida de vegetación.	**Impacto Negativo**, sinérgico y acumulativo, local a regional, intensidad media; limita flujo genético y movilidad de especies. La conectividad ecológica disminuido debido a la implementación de infraestructura lineal y el desarrollo urbano (Fahrig, 2003).
Paisaje	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura	Carreteras, bancos de material, líneas eléctricas, urbanización, desmontes y obras industriales.	**Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; modifica naturalidad, visibilidad y armonía del paisaje. La infraestructura dentro de la RE ha modificado la percepción visual del paisaje (Farina, 2006).
	Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)	Remoción de vegetación, erosión, apertura de caminos, expansión urbana y pérdida de suelo superficial.	**Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; aumenta vulnerabilidad visual y ecológica del territorio. La pérdida de cobertura debido a las actividades y obras de infraestructura previas dentro de la RE ha ocasionado un incremento de la fragilidad paisajística (Forman & Godron, 1986).
Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos	Construcción, operación de infraestructura, servicios, comercio local e industria.	**Impacto Positivo**, temporal a permanente, local a regional, intensidad media; favorece contratación directa e indirecta. En los últimos años el incremento de empleos e ingresos en las localidades y municipios dentro de la RE ha crecido de manera favorable (INEGI, 2020). así mismo se puede observar a mayor detalle en el apartado socioeconómico del capítulo III
		Incremento del nivel socioeconómico de la región	Obras públicas, inversión privada, conectividad, comercio y servicios.	**Impacto Positivo**, acumulativo, local a regional, intensidad baja a media; puede fortalecer cadenas productivas y derrama económica. La derrama económica en la RE debido al desarrollo de proyectos de obras públicas y la introducción de empresas y negocios locales ha generado el desarrollo de miles de empleos que sustentan a la población local (CONEVAL, 2023).
	Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público	Carreteras, transporte regional, infraestructura	**Impacto Positivo**, permanente, regional, intensidad media; mejora

CONSULTA PÚBLICA

Componente ambiental	Factor ambiental	Impacto Ambiental	Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto	Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
			ferroviaria o vial, caminos de acceso.	movilidad, acceso a servicios y comunicación entre localidades. Dentro de la Región Ecológica existen muchas rutas y vialidades que permiten a los usuarios reducir tiempos de transporte y mejorar accesibilidad (SICT, 2023).
	Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas	Programas sociales, consulta, empleo local, conservación comunitaria y aprovechamientos tradicionales.	Impacto Positivo si existe participación efectiva por parte de la comunidad indígena; Impacto Negativo si hay exclusión o afectación territorial de las comunidades indígenas. Duración variable, extensión local a regional, intensidad media. Debe garantizarse participación efectiva conforme a la legislación mexicana y brindarles oportunidades de crecimiento socioeconómico, así como salvaguardar el patrimonio y la cultura de estás comunidades.
Patrimonio Cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural	Obras lineales, excavaciones, caminos, bancos de material y movimientos de suelo.	Impacto Positivo cuando se permite el registro y rescate del patrimonio cultural de la nación; **Impacto Negativo,** si hay afectación no controlada y excavaciones excesivas. Puntual, permanente, intensidad alta por valor cultural. El INAH registra zonas arqueológicas en Durango, Querétaro y San Luis Potosí, por lo que debe considerarse salvamento arqueológico preventivo. (INAH). El salvamento arqueológico protege el patrimonio cultural y la historia de la nación (INAH, 2023).

De impactos ambientales existentes, se identifica que la Región Ecológica (RE) se encuentra sujeta a fuertes presiones ambientales preexistentes. Estas derivan principalmente de la expansión agropecuaria, el desarrollo urbano, la consolidación de infraestructura carretera y ferroviaria, la actividad minera y los pasivos industriales (como los asociados a la producción química). En conjunto, estos procesos han provocado alteraciones significativas sobre la geomorfología, la calidad edáfica, la dinámica hidrológica, la calidad del aire, la estructura de la cobertura vegetal, la viabilidad del hábitat para la fauna silvestre y la calidad escénica del paisaje.

En este contexto, el escenario de deterioro preexistente constituye la línea base fundamental para dimensionar la verdadera contribución del Proyecto. Resulta prioritario evaluar cómo las obras proyectadas interactuarán con este entorno, prestando especial atención a la generación de impactos acumulativos, sinérgicos y residuales. Aunado a esto, la intersección del Proyecto con áreas de valor arqueológico y cultural, así como la posible

CONSULTA PÚBLICA

distribución de especies de flora y fauna amparadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, los apéndices de la CITES y la UICN, exige una evaluación ambiental integral. Este deberá contemplar medidas preventivas, de mitigación, compensación, restauración y monitoreo orientadas a reducir la significancia de los impactos y garantizar la compatibilidad ambiental del Proyecto dentro de la Región Ecológica.

IV.1.3 Identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales en el área del proyecto (AP)

- ***Metodología para la identificación de impactos ambientales***

El proceso de evaluación de los impactos ambientales esperados por el proyecto consta de 2 etapas, la primera corresponde a una etapa cualitativa en la que se determinan los impactos ambientales mediante la implementación de una matriz de correlación causa-efecto, la cual permite la correlación entre las actividades del proyecto y el medio en el que se encuentran, y de esta manera obtener los impactos ambientales.

La segunda etapa se conforma por la valoración de los impactos encontrados en la primera etapa, para ello se implementa la metodología propuesta por Conesa Fernández Vítora, la cual se trata de una metodología cuantitativa y permite obtener valores numéricos que facilitan la ponderación de dichos impactos además de permitir la apreciación de las características que estos presenten.

- ***Matriz de correlación Causa-Efecto***

Esta matriz se conforma inicialmente con la identificación de las etapas en las que estará conformado el proyecto, para posteriormente identificar las obras y actividades que se desarrollarán dentro de cada una de las etapas previamente identificadas. Este desplegado de etapas y actividades se debe de colocar a manera de columnas para la conformación de la matriz deseada.

Tabla IV.3. Desglose de etapas y actividades del proyecto. Elaboración propia.

Etapa 1		Etapa 2				Etapa 3	
Actividad 1	Actividad 2	Actividad 1	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4

A continuación, se identifican los elementos del entorno susceptibles de alteración, tomando como base las condiciones actuales del sitio de emplazamiento. Para estructurar este análisis, se realiza un desglose jerárquico sistemático: primero, se definen los medios que serán influenciados por las actividades del proyecto. De estos se derivan los componentes ambientales, que agrupan de manera más específica los elementos que sufrirán

CONSULTA PÚBLICA

modificaciones. Finalmente, de estos últimos se desprenden los factores ambientales, los cuales constituyen la unidad particular y medible de la afectación. Este ordenamiento jerárquico conforma las filas de la matriz de correlación causa-efecto.

Tabla IV.4. Cadena de desglose para la obtención de los factores. Elaboración propia.

Medio	Componente ambiental	Factor ambiental
↓	↓	↓

Una vez conformada la matriz de correlación causa-efecto, se procede a su llenado mediante el cruce sistemático de cada obra o actividad con los factores ambientales. Cuando se determina que una actividad genera un efecto o modificación sobre un factor específico, se marca la casilla de intersección correspondiente con una equis (X). Esta marca señala la existencia de una interacción, confirmando la relación directa de causa y efecto. Por el contrario, las celdas donde no existe vinculación alguna se dejan en blanco, indicando la ausencia de impacto

Las interacciones identificadas en la matriz de correlación causa-efecto se analizan para determinar si la alteración sobre el factor ambiental posee la significancia necesaria para constituir un impacto, o si su magnitud es irrelevante y debe descartarse. Asimismo, para optimizar la evaluación, las interacciones se agrupan en un único impacto cuando comparten un mismo origen y generan un efecto homogéneo en distintos factores ambientales. Por el contrario, si la alteración repercute de manera diferenciada según el factor, el impacto se tipifica y evalúa de forma individual.

- ***Valoración de impactos***

Los impactos obtenidos en la matriz de causa y efecto para cada etapa del proyecto son sometidos al proceso de valoración mediante el cual se conoce la magnitud en la que se espera se presenten dichos impactos, para lo cual se implementa la metodología propuesta por Conesa Fernández-Vítora en su Guía Metodología para la Evaluación del Impacto Ambiental (2011), misma que somete a cada uno de los impactos a una batería de criterios, los cuales corresponden a condiciones y particularidades que pueden presentarse o no en dichos impactos, esto criterios cuentan con valores numéricos de acuerdo a su grado de presencia en el impacto evaluado y de esta manera se obtienen valores cuantificables para el impacto. Esta valoración se efectúa tanto para la etapa constructiva del proyecto como para los impactos esperados en la etapa operativa del mismo. Los criterios considerados en la metodología implementada y los valores que corresponden a cada criterio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla IV.5. Criterios y valores de la Matriz de Conesa-Vítora.

TÉRMINOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
SIGNO (+/-)	El signo del impacto hace alusión a su carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Existe la posibilidad de incluir un tercer carácter (x) que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto.	(+) (X) (-)
INTENSIDAD (I)	Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa, el rango de valoración está comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el	BAJA 1 MEDIA 2 ALTA 4

CONSULTA PÚBLICA



TÉRMINOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
	área donde se produce el efecto, y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos 2 términos reflejarán situaciones intermedias.	MUY ALTA 8 TOTAL 12
EXTENSIÓN (EX)	Se refiere al área de influencia teórica del impacto con relación al entorno del proyecto (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial (2) y extenso (4). En el caso de que el efecto sea puntual, pero se produzca en un lugar crítico se le atribuirá un valor de 4 unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en el que se manifiesta y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras habrá que buscar otras alternativas al proyecto, anulando el efecto.	PUNTUAL 1 PARCIAL 2 EXTENSO 4 TOTAL 8 CRITICA +4
MOMENTO (MO)	Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándoles a ambos un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, Largo Plazo con valor asignado (1). Si ocurre alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una a cinco unidades por encima de las especificadas.	LARGO PLAZO 1 MEDIO PLAZO 2 INMEDIATO 4 CRITICO +4
PERSISTENCIA (P)	Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctivas. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz (1). Si dura entre 1 y 10 años, Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente (4).	FUGAZ 1 TEMPORAL 2 PERMANENTE 4
REVERSIBILIDAD (RV)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio. Si es a Corto Plazo se le asigna un valor (1), si es a Medio Plazo (2) y si el efecto es irreversible le asignamos el valor de (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados al parámetro anterior.	CORTO PLAZO 1 MEDIO PLAZO 2 IRREVERSIBLE 4
SINERGIA (SI)	Este atributo contempla el reforzamiento de 2 o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocado por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que se espera de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).	NO SINÉRGICO 1 SINÉRGICO 2 MUY SINÉRGICO 4
ACUMULACIÓN (AC)	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple) el efecto se valora como (1). Si el efecto es acumulativo el valor se incrementa a (4).	SIMPLE 1 ACUMULATIVO 4
EFECTO (EF)	Este atributo se refiere a la relación causa efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción, consecuencia directa de esta. En el caso de que el efecto indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.	INDIRECTO 1 DIRECTO 4

CONSULTA PÚBLICA



TÉRMINOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
	Este término toma el valor de 1 en el caso de que el efecto sea secundario y el valor 4 cuando sea directo.	
PERIODICIDAD (PR)	La periodicidad se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (regular o continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1).	IRREGULAR 1 PERIÓDICO 2 CONTINUO 4
RECUPERABILIDAD (MC)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctivas). Si el efecto es totalmente Recuperable, se le asigna el valor de (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o medio plazo, si lo es permanente, el efecto es Mitigable, y toma un valor de (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de recuperar tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de (8). En caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).	INMEDIATA 1 MEDIO PLAZO 2 MITIGABLE 4 IRRECUPERABLE 8

Para la valoración deseada se debe conformar otra matriz la cual se denomina como matriz de valoración en la que las columnas estarán conformadas por los criterios de la metodología implementada, mientras que las filas estarán constituidas por los impactos ambientales, de esta manera cada impacto ambiental es cotejado con cada criterio y en la casilla de correlación se coloca el valor numérico correspondiente. La magnitud numérica total del impacto evaluado se obtendrá implementando la siguiente formula:

$$I = \pm [3\ I + 2\ EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Los valores obtenidos oscilarán entre 13 y 100, los cuales son clasificados por rangos, y es lo que le da la relevancia al impacto.

Tabla IV.6. Magnitud del impacto. Elaboración propia.

VALOR	MAGNITUD
≤ 25	IRRELEVANTES
26-49	MODERADOS
50-74	SIGNIFICATIVOS
≥ 75	CRÍTICOS

Para la presente Manifestación de Impacto Ambiental Particular se empleó una adaptación cualitativa de la metodología de Conesa Fernández-Vítora, por lo que la evaluación se enfocó en la identificación y caracterización de los impactos ambientales, aplicando la ecuación de valoración numérica de importancia propuesta por el autor. Este enfoque es ampliamente utilizado cuando el objetivo principal consiste en reconocer las interacciones ambientales relevantes y establecer las medidas de manejo correspondientes, más que obtener una jerarquización cuantitativa de los impactos (Conesa Fernández-Vítora, 2010).

CONSULTA PÚBLICA



IV.1.4 Caracterización de los impactos

- ***Indicadores de impacto y de cambio climático***

Indicador ambiental, en la guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto ambiental, el indicador ambiental se define como: "Una medida directa o indirecta de la calidad ambiental que se puede usar para evaluar el estado y tendencias en la capacidad del medio ambiente para apoyar la salud humana y ecología". Estos son parámetros que permiten observar el grado de cambio que se presenta por las alteraciones del medio derivado de las actividades que se realicen en las diferentes etapas del proyecto y su presencia o ausencia son parámetros que denotan la presencia o ausencia de un impacto.

Para la definición de los indicadores ambientales con posibles afectaciones por la ejecución de las obras y/o actividades que contempla el Proyecto en todas sus etapas de implementación, se revisó la información del diagnóstico ambiental del sitio del proyecto para finalmente establecer los indicadores ambientales que podrán en algún momento evidenciar el impacto ambiental provocado por el Proyecto.

Tabla IV.7. Componentes y Factores ambientales y sus indicadores. Elaboración propia.

COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADOR AMBIENTAL
Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma	a) Modificación del relieve natural por actividades de corte y relleno b) Presencia de taludes, terraplenes o cambios en pendientes naturales c) Acumulación de materiales producto del desmonte y despalme
Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos	a) Presencia de manchas, olores o cambios de coloración en el suelo b) Evidencia de derrames de hidrocarburos o sustancias químicas c) Manejo inadecuado de residuos sólidos y peligrosos
	Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)	a) Presencia de surcos, cárcavas o arrastre de sedimentos b) Exposición del horizonte superficial del suelo c) Pérdida de cobertura vegetal en áreas desmontadas
	Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo	a) Superficies endurecidas por tránsito de maquinaria b) Disminución de la infiltración del agua c) Formación de encharcamientos
	Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles	a) Presencia de grietas o subsidencias en el terreno b) Deformación del suelo en zonas intervenidas c) Inestabilidad del terreno en áreas de carga
Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y particulas suspendidas	a) Emisión visible de polvo por movimiento de maquinaria b) Presencia de humos de combustión c) Incremento de material particulado en el ambiente
		Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas	a) Reducción visible de polvo por medidas de mitigación b) Uso de equipos en buen estado y control

CONSULTA PÚBLICA





COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADOR AMBIENTAL
			de emisiones c) Disminución de fuentes emisoras
	Acústica	Aumento en los niveles de ruido	a) Ruido perceptible fuera del área del proyecto b) Operación simultánea de maquinaria pesada c) Superación de límites permisibles (NOM-081)
Hidrología	Dinámica hidrológica	Cambio en los patrones de escurrimiento	a) Obstrucción de cauces naturales b) Desviación de escurrimientos c) Acumulación de agua en zonas no habituales
		Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua)	a) Presencia de áreas de infiltración b) Disminución de escurrimientos superficiales c) Retención de agua en el suelo
	Calidad del agua superficial y subterránea	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea	a) Presencia de sólidos suspendidos b) Cambios de color, olor o turbidez c) Descargas o escurrimientos contaminantes
Vegetación	Estructura del ecosistema	Perdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat	a) Remoción de vegetación en el área del proyecto b) Discontinuidad en la cobertura vegetal c) Reducción de áreas naturales
		Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona)	a) Remoción de vegetación en el área del proyecto b) Discontinuidad en la cobertura vegetal c) Reducción de áreas naturales
	Diversidad de la flora silvestre	Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre	a) Reducción en el número de especies b) Disminución de densidad de individuos c) Mortalidad de ejemplares
	Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre	a) Presencia de especies listadas en NOM-059-SEMARNAT-2010 b) Afectación directa a individuos protegidos c) Pérdida de hábitat de especies en riesgo
Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)	a) Huida o desplazamiento de fauna b) Abandono de nidos o madrigueras c) Presencia de ruido y luz artificial
		Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre	a) Reducción en avistamientos b) Disminución de huellas o rastros c) Mortalidad de fauna
	Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES,	a) Presencia de especies en NOM-059-SEMARNAT-2010 b) Afectación directa o indirecta c) Alteración de hábitat crítico

CONSULTA PÚBLICA





COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADOR AMBIENTAL
		IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre	
	Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat	a) Reducción de cobertura vegetal b) Aislamiento de parches de vegetación c) Interrupción de corredores biológicos
		Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre	a) Presencia de barreras físicas b) Disminución de movilidad de fauna c) Cambios en rutas de desplazamiento
Fondo escénico y estético	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura	a) Presencia de infraestructura visible b) Acumulación de materiales c) Contraste con el entorno natural
	Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)	a) Remoción de vegetación b) Exposición de suelo desnudo c) Disminución de áreas conservadas
Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos	a) Contratación de personal local b) Incremento en fuentes de empleo c) Participación de mano de obra regional
		Incremento del nivel socioeconómico de la región	a) Mejora en ingresos locales b) Aumento en actividad económica c) Demanda de bienes y servicios
	Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público	a) Reducción en tiempos de traslado b) Mayor accesibilidad c) Incremento en cobertura del transporte
	Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas	a) Inclusión en actividades del proyecto b) Beneficios directos a comunidades c) Participación en toma de decisiones
Patrimonio cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural	a) Identificación de vestigios arqueológicos b) Protección de sitios encontrados c) Implementación de medidas de conservación

Si bien el monitoreo de los indicadores socioeconómicos es competencia de las instancias gubernamentales y no del proyecto, estos se integraron en la matriz de impactos para evaluar posibles efectos adversos o benéficos. En contraste, los indicadores ambientales permiten detectar alteraciones en todas las etapas del del proyecto. Cabe señalar que la mayor incidencia de impactos se prevé durante las fases iniciales, debido a que las actividades de preparación del sitio y construcción se concentran en este periodo.

CONSULTA PÚBLICA





- ***Valoración de los impactos***

La determinación de los impactos ambientales se fundamentó en la clasificación y el ordenamiento sistemático de las obras y actividades del proyecto dentro de sus tres etapas de ejecución, acorde con la metodología previamente establecida. En la tabla subsecuente se desglosan las acciones correspondientes a las fases de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento.

Tabla IV.8. Actividades del Proyecto generadoras de impactos ambientales. Elaboración propia.

ETAPA DE PROYECTO	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	
CONSTRUCCIÓN	Movimiento de materiales	Cortes al terreno natural
		Excavaciones
		Rellenos y nivelaciones
		Compactaciones
		Conformación del nuevo terraplén
		Tendido de balasto
		Acarreo de materiales
	Terraplén a nivel	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)
		Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)
		Construcción de Pasos de fauna
	Rehabilitación o construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares, pasos a nivel	Perforación
		Colocación de acero de refuerzo
		Colado de pilas con concreto
		Construcción de superestructuras
	Cruces eléctricos (alta y Baja Tención) y Puente peatonal	Colocación de postes de apoyo
		Tendido de cables
		Instalación de estructuras (puentes peatonales)
	Obras complementarias	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)
		Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaría y pluvial.
		Sistema de energías
		Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)
	Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Operación de las Vías	
	Operación de las estaciones	
	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	

Asimismo, se determinaron los factores ambientales que funcionarán como indicadores clave para prever tendencias de cambio en la Región Ecológica donde se localiza el proyecto, y proponer medidas de mitigación que minimicen las afectaciones. Esta selección derivó de un análisis de los componentes abióticos y de biodiversidad que interactúan con el proyecto, integrando datos de campo, opiniones de personal en temas ambientales y la caracterización de la estructura ecológica del área de influencia.

Una vez identificadas las actividades del proyecto y los factores ambientales que podrían sufrir cambios se procedió a realizar la estimación de los impactos ambientales. Para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos negativos y positivos que se generarán con la realización del proyecto, se consideró la metodología diseñada por V. Conesa Fernández-Vítora. Este método se basa en las matrices causa efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas

CONSULTA PÚBLICA



figuran las acciones impactantes y en filas, los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

Tras estructurar la matriz de correlación causa-efecto, se llevó a cabo su llenado integral. El objetivo de este paso fue identificar los impactos ambientales esperados y determinar, de manera precisa, las interacciones entre el entorno y las actividades contempladas por el proyecto, misma que podemos encontrar en el ***ANX.VII Matriz de impactos ambientales.***

Al evaluar la matriz de correlación causa-efecto entre los 22 factores ambientales y las 34 actividades del proyecto, se identificaron 378 interacciones reales de un universo de 952 posibles. Esto representa una incidencia de impacto del 39.7%. La mayor cantidad de interacciones (227) se presenta en la etapa de construcción, etapa que concentra la mayor parte de las obras físicas, aunque estas se ejecutan sobre superficies previamente modificadas. En segundo lugar, la preparación del sitio registra 119 interacciones, correspondiendo a las alteraciones iniciales en el medio. Finalmente, la etapa de operación y mantenimiento reporta la menor incidencia, con apenas 32 interacciones. La distribución detallada por etapa y componente ambiental se presenta a continuación:

Tabla IV.9. Número de impacto por etapa del proyecto. Elaboración propia.

RELACIÓN DE INTERACCIONES	ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	TOTAL DE INTERACCIONES
Interacciones potenciales	252	616	84	952
Interacciones reales detectadas	119	227	32	378
% de interacciones reales	31.48%	60.05%	8.47%	100.00%

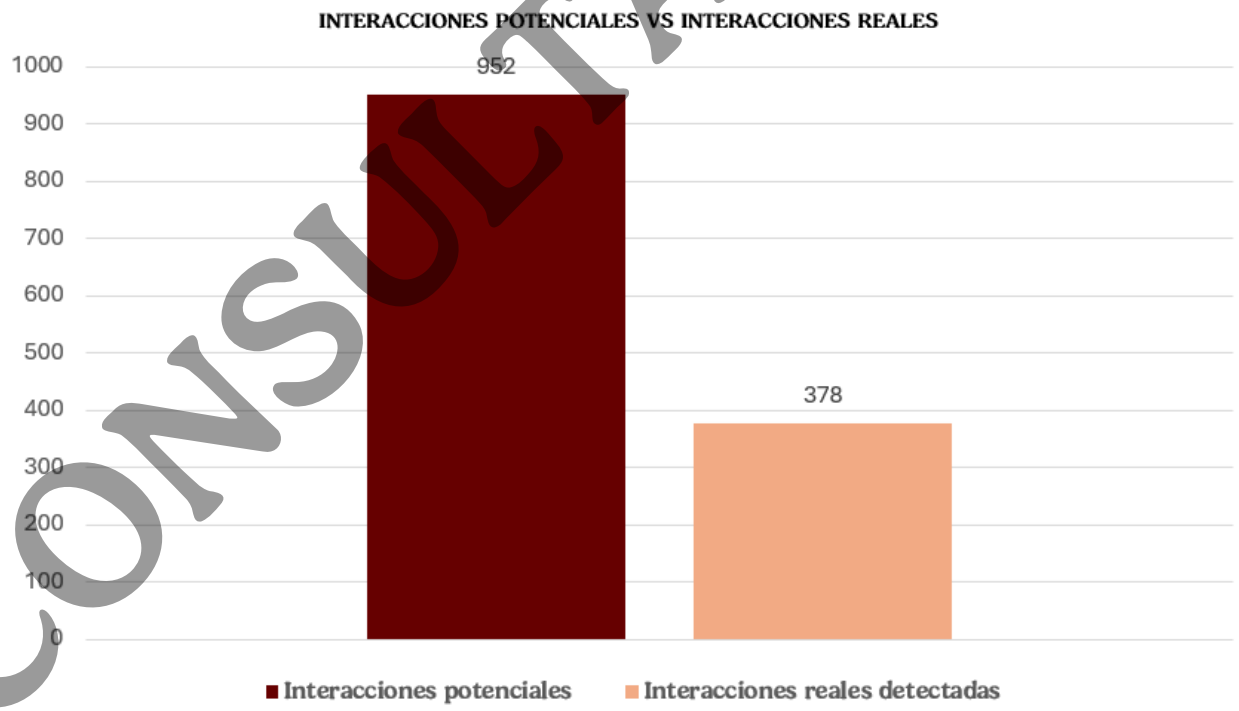


Figura IV.1. Interacciones potenciales vs interacciones reales del proyecto. Elaboración propia.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con los resultados del análisis de interacciones, se observa un balance inclinado hacia los efectos negativos con 313 interacciones, vinculados principalmente a la etapa de construcción. En contraste, los impactos positivos tienen una incidencia menor con 65 interacciones y se centran en el componente social y económico. Ante este escenario, la estrategia ambiental del proyecto prioriza la de mitigación para revertir o compensar los daños potenciales, garantizando la viabilidad ambiental.

Tabla IV.10.Interacciones reales que causan cambios en los atributos ambientales. Elaboración propia.

INTERACCIONES	ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	TOTAL, DE INTERACCIONES
Negativas (-)	105	191	17	313
Positivas (+)	14	36	15	65
Totales	**119**	**227**	**32**	**378**

El gráfico presentado a continuación muestra una representación visual de estos valores, permitiendo observar el comportamiento y la incidencia de los impactos en las tres etapas del del proyecto.

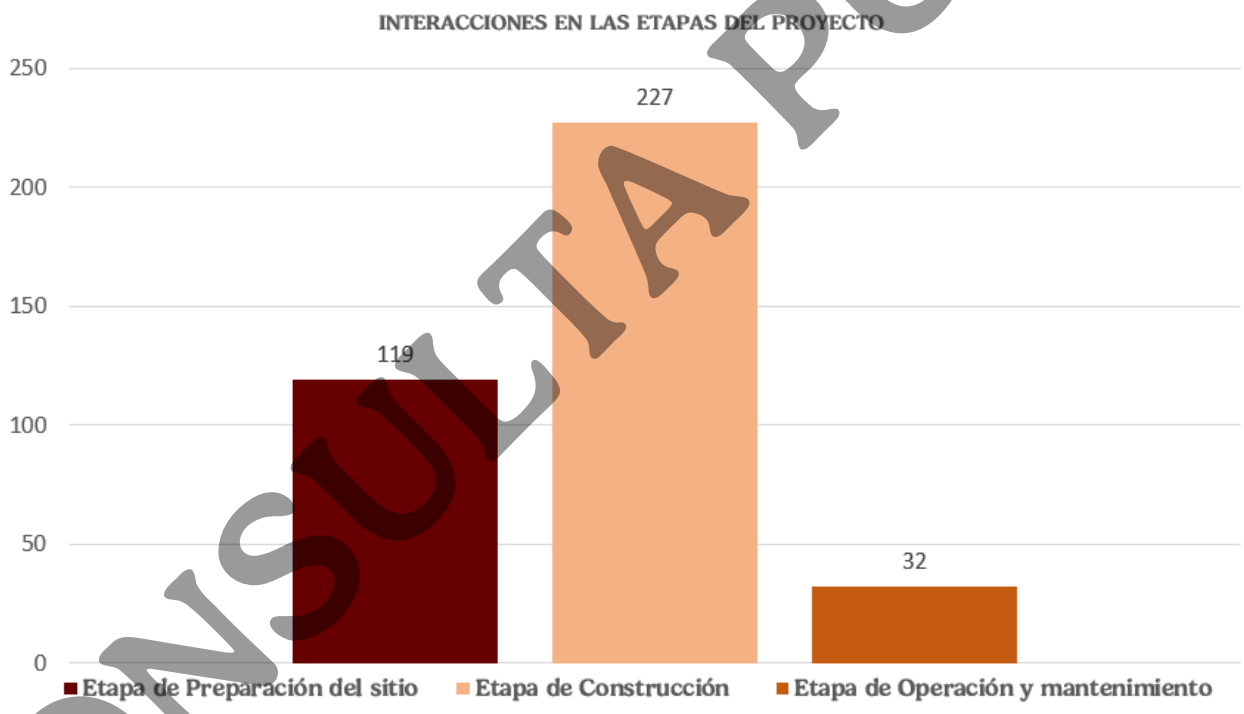


Figura IV.2. Interacciones en las etapas del proyecto. Elaboración propia.

Al analizar el comportamiento de las interacciones por componente ambiental, se observa que la fauna concentra la mayor incidencia de relaciones negativas siendo éstas 87 de un total de 95 interacciones. Esto responde directamente a la pérdida de cobertura vegetal y al cambio de uso de suelo, procesos que derivan en el ahuyentamiento de fauna y la potencial generación de barreras biológicas.

Le sigue el componente edafología con 61 interacciones negativas, asociadas a la emisión de partículas, a la erosión y por las actividades que implican movimiento de materiales

CONSULTA PÚBLICA



y compactaciones de suelo principalmente. Posteriormente, el componente aire acumula un total de 59 interacciones negativas, esto responde a las actividades del proyecto que están relacionadas con la generación de partículas suspendidas y GYCEI, así como la generación de ruido que se provoca por el uso de la maquinaria pesada, por otra parte, el componente hidrología registra 47 interacciones negativas, asociadas a pérdida de la infiltración de agua por la construcción de edificaciones y vialidades que terminan sellando el suelo.

Después, el componente socioeconómico resultó con 46 interacciones, de las cuales todas son de carácter positivo debido a la generación de empleos y la dinamización económica, lo que potencializa el nivel de vida local, luego se encuentra el componente paisaje (fondo escénico y estético) que suma 33 interacciones negativas, producto de la modificación visual y la alteración de elementos naturales subyacentes. El componente vegetación, de un total de 17 interacciones presenta 15 negativas vinculadas a las actividades de desmonte y despalme, así como el retiro de la primera capa de suelo resultando en impactos permanentes por la construcción del proyecto. Por su parte, el componente geoformas suma 13 interacciones negativas, producto de la alteración de la topoforma. Finalmente, el componente del patrimonio cultural resultó con 4 interacciones siendo todas positivas, dadas principalmente por la búsqueda del acervo cultural e histórico de la nación.

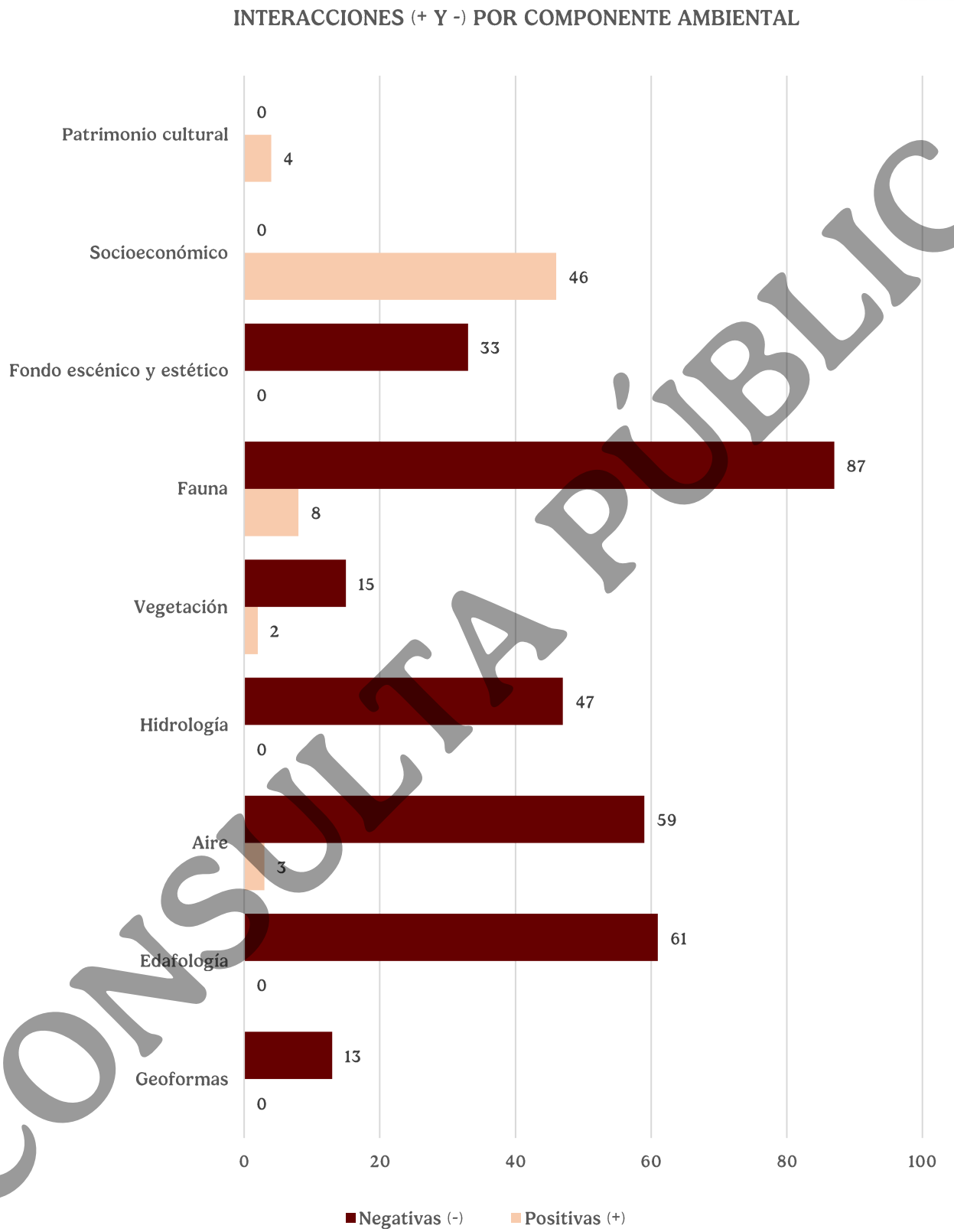
Tabla IV.11.Interacciones positivas y negativas detectadas por atributo ambiental. Elaboración propia.

ATRIBUTO AMBIENTAL	POSITIVAS (+)	NEGATIVAS (-)	TOTAL DE INTERACCIONES
Geoformas	0	13	13
Edafología	0	61	61
Aire	3	59	62
Hidrología	0	47	47
Vegetación	2	15	17
Fauna	8	87	95
Fondo escénico y estético	0	33	33
Socioeconómico	46	0	46
Patrimonio cultural	4	0	4
Total de interacciones	**63**	**315**	**378**

CONSULTA PÚBLICA







CONSULTA PÚBLICA

Figura IV.3. Interacciones por componente ambiental. Elaboración propia.





Tabla IV.12. Matriz de causa-efectos Conesa-Vítora. Elaboración propia.

MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO CAUSADO	PREPARACION DEL SITIO										CONSTRUCCIÓN																									OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				TOTAL
														Movimiento de materiales (Excavaciones, cortes, nivelaciones y compactaciones)							Terraplén a nivel			Rehabilitación y construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares				Rehabilitación de túneles			Obras complementarias														
				Contratación de personal y adquisición de insumos	Habilitación de caminos de acceso existentes	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	Alineación horizontal y vertical del trazo	Desmonte	Despalme	Rehabilitación de infraestructura existente	Rehabilitación del terraplén existente	Excavación y salvamento arqueológico	SUBTOTAL	Cortes al terreno natural	Excavaciones	Rellenos y nivelaciones	Compactaciones	Conformación del nuevo terraplén	Tendido de balasto	Acarreo de materiales	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)	Construcción de Pasos de fauna	Perforación	Colocación de acero de refuerzo	Colado de pilas con concreto	Construcción de superestructuras	Colocación de postes de apoyo	Tendido de cables	Instalación de estructuras (puentes peatonales)	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial.	Sistema de energías	Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecommunicaciones y acabados)	Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	SUBTOTAL	Operación de las Vías	Operación de las estaciones	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	SUBTOTAL	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	32	33	34	3	34
Elementos naturales abióticos	Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma					X	X		X	X	4	X	X	X		X				X	X	X				X				X				9				0	13
	Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos		X	X			X	X	X	X	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X			X	X	X		X	17	X		X	2	25
		Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)					X	X	X	X	X	5	X	X	X												X				X				5				0	10
		Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo			X							1				X	X		X				X				X			X					6				0	7
		Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles					X	X			X	3	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X					15	X			1	19
	Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas		X	X		X	X	X	X	X	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	21				0	28
			Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas										0																							0	X	X	X	3	3
		Acústica	Aumento en los niveles de ruido		X	X		X	X	X	X	X	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22	X	X		2	31

CONSULTA PÚBLICA





MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO CAUSADO	PREPARACION DEL SITIO											CONSTRUCCIÓN																															OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					TOTAL
				Contratación de personal y adquisición de insumos	Habilitación de caminos de acceso existentes	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	Alineación horizontal y vertical del trazo	Desmonte	Despalme	Rehabilitación de infraestructura existente	Rehabilitación del terraplén existente	Excavación y salvamento arqueológico	SUBTOTAL	Movimiento de materiales (Excavaciones, cortes, nivelaciones y compactaciones)							Terraplén a nivel			Rehabilitación y construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares				Rehabilitación de túneles			Obras complementarias					Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	SUBTOTAL	Operación de las Vías	Operación de las estaciones	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	SUBTOTAL	
														Cortes al terreno natural	Excavaciones	Rellenos y nivelaciones	Compactaciones	Conformación del nuevo terraplén	Tendido de balasto	Acarreo de materiales	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)	Construcción de Paso de fauna	Perforación	Colocación de acero de refuerzo	Colado de pilas con concreto	Construcción de superestructuras	Colocación de postes de apoyo	Tendido de cables	Instalación de estructuras (puentes peatonales)	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial	Sistema de energías	Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)																		



MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO CAUSADO	PREPARACION DEL SITIO											CONSTRUCCIÓN																													OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				TOTAL
				Contratación de personal y adquisición de insumos	Habilitación de caminos de acceso existentes	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	Alineación horizontal y vertical del trazo	Desmonte	Despalme	Rehabilitación de infraestructura existente	Rehabilitación del terraplén existente	Excavación y salvamento arqueológico	SUBTOTAL	Movimiento de materiales (Excavaciones, cortes, nivelaciones y compactaciones)							Terraplén a nivel			Rehabilitación y construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares				Rehabilitación de túneles			Obras complementarias					Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	SUBTOTAL	Operación de las Vías	Operación de las estaciones	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	SUBTOTAL	
														Cortes al terreno natural	Excavaciones	Rellenos y nivelaciones	Compactaciones	Conformación del nuevo terraplén	Tendido de balasto	Acarreo de materiales	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)	Construcción de Pasos de fauna	Perforación	Colocación de acero de refuerzo	Colado de pilas con concreto	Construcción de superestructuras	Colocación de postes de apoyo	Tendido de cables	Instalación de estructuras (puentes peatonales)	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial	Sistema de energías	Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	32	33	34	3	34
		Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre			X		X	X			X	4																							0				0	4
	Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)		X	X	X	X	X	X	X	X	8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	21	X	X	X	3	32
			Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre			X	X	X	X	X		X	6	X	X							X	X								X					5	X	X		2	13

CONSULTA PÚBLICA





MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO CAUSADO	PREPARACION DEL SITIO										CONSTRUCCIÓN																							OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
				Contratación de personal y adquisición de insumos	Habilitación de caminos de acceso existentes	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	Alineación horizontal y vertical del trazo	Desmonte	Despalme	Rehabilitación de infraestructura existente	Rehabilitación del terraplén existente	Excavación y salvamento arqueológico	SUBTOTAL	Movimiento de materiales (Excavaciones, cortes, nivelaciones y compactaciones)							Terraplén a nivel			Rehabilitación y construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares				Rehabilitación de túneles			Obras complementarias					Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	SUBTOTAL	Operación de las Vías	Operación de las estaciones	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	SUBTOTAL	TOTAL
														Cortes al terreno natural	Excavaciones	Rellenos y nivelaciones	Compactaciones	Conformación del nuevo terraplén	Tendido de balasto	Acarreo de materiales	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)	Construcción de Pasos de fauna	Perforación	Colocación de acero de refuerzo	Colado de pilas con concreto	Construcción de superestructuras	Colocación de postes de apoyo	Tendido de cables	Instalación de estructuras (puentes peatonales)	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial	Sistema de energías	Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	32	33	34	3	34
		Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre			X	X	X	X	X		X	6	X	X							X	X								X					5	X	X		2	13
		Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat			X		X	X	X	X	X	6	X	X						X	X	X								X					6				0	12
			Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre			X		X	X	X	X	X	6	X	X						X	X	X								X					6				0	12
		Hábitat faunístico (ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde)	Fragmentación y perturbación de hábitat en ANP's (Barranca de los Ríos Santiago y Verde)					X	X	X	X		4	X	X					X	X	X	X								X					7	X		X	2	13
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades			X		X	X	X	X	X	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22				0	28

CONSULTA PÚBLICA





MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO CAUSADO	PREPARACION DEL SITIO										CONSTRUCCIÓN																							OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				TOTAL
				Contratación de personal y adquisición de insumos	Habilitación de caminos de acceso existentes	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	Alineación horizontal y vertical del trazo	Desmonte	Despalme	Rehabilitación de infraestructura existente	Rehabilitación del terraplén existente	Excavación y salvamento arqueológico	SUBTOTAL	Movimiento de materiales (Excavaciones, cortes, nivelaciones y compactaciones)							Terraplén a nivel			Rehabilitación y construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares				Rehabilitación de túneles			Obras complementarias					Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	SUBTOTAL	Operación de las Vías	Operación de las estaciones	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	SUBTOTAL	
														Cortes al terreno natural	Excavaciones	Rellenos y nivelaciones	Compactaciones	Conformación del nuevo terraplén	Tendido de balasto	Acarreo de materiales	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)	Construcción de Pasos de fauna	Perforación	Colocación de acero de refuerzo	Colado de pilas con concreto	Construcción de superestructuras	Colocación de postes de apoyo	Tendido de cables	Instalación de estructuras (puentes peatonales)	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial	Sistema de energías	Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	32	33	34	3	34
			constructivas y la nueva infraestructura																																						
		Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)			X		X	X				3	X	X																					2				0	5
Social	Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22	X	X	X	3	34
			Incremento del nivel socioeconómico de la región	X									1																							0	X	X	X	3	4
		Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público	X									1																							0	X	X	X	3	4
		Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas	X									1																							0	X	X	X	3	4

CONSULTA PÚBLICA





MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO CAUSADO	PREPARACION DEL SITIO											CONSTRUCCIÓN																																				OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				TOTAL
				Contratación de personal y adquisición de insumos	Habilitación de caminos de acceso existentes	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	Alineación horizontal y vertical del trazo	Desmonte	Despalme	Rehabilitación de infraestructura existente	Rehabilitación del terraplén existente	Excavación y salvamento arqueológico	SUBTOTAL	Movimiento de materiales (Excavaciones, cortes, nivelaciones y compactaciones)							Terraplén a nivel			Rehabilitación y construcción de Puentes ferroviarios, viaductos y pasos vehiculares				Rehabilitación de túneles			Obras complementarias							Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	SUBTOTAL	Operación de las Vías	Operación de las estaciones	Mantenimiento del sistema ferroviario y sus instalaciones	SUBTOTAL	
														Cortes al terreno natural	Excavaciones	Rellenos y nivelaciones	Compactaciones	Conformación del nuevo terraplén	Tendido de balasto	Acarreo de materiales	Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas)	Construcción de Pasos de fauna	Perforación	Colocación de acero de refuerzo	Colado de pilas con concreto	Construcción de superestructuras	Colocación de postes de apoyo	Tendido de cables	Instalación de estructuras (puentes peatonales)	Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial.	Sistema de energías	Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)																									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	32	33	34	3	34
Cultural	Patrimonio cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural					X				X	2	X														X								2				0	4
Total de impactos detectados			28	4	5	19	4	22	22	13	12	18	119	18	17	11	11	12	8	9	12	14	16	11	5	8	6	13	4	6	16	10	6	6	8	227	13	10	9	32	378

CONSULTA PÚBLICA





A partir de la matriz de interacciones previamente construida para el proyecto, se desarrolló un catálogo estructurado y jerarquizado de Impactos Ambientales. Este paso metodológico fue fundamental para transitar de una identificación preliminar de relaciones causa-efecto a una evaluación profunda. El proceso de sistematización consistió en consolidar las interacciones redundantes y agrupar aquellos cruces que responden a un mismo mecanismo de alteración o cambio. De este modo, se depuró el universo de datos para priorizar y aislar aquellos impactos que, por su naturaleza, dinámica o efectos sinérgicos, poseen el potencial real de modificar los procesos funcionales y sistémicos dentro de la Región Ecológica, los cuales requieren una caracterización y valoración exhaustiva en las etapas subsecuentes del estudio.

Como resultado de este ejercicio de consolidación y de la categorización basada en los distintos factores ambientales, abarcando el medio abiótico (suelo, agua, aire), el medio biótico (flora y fauna) y el medio socioeconómico, se logró identificar un total de 28 impactos ambientales potenciales.

Del universo total identificado, los resultados determinan una mayoría de afectaciones de naturaleza adversa con 22 impactos negativos, los cuales, según su Valor de Importancia (IMP), se categorizan en 19 impactos severos y 3 moderados. En contraparte, se registraron 6 impactos benéficos principalmente en el componente socioeconómico, esto derivado a la creación de oportunidades de empleo y el impacto económico que genere el proyecto. Esta distribución técnica enfatiza la urgencia de priorizar estrategias de mitigación en los factores de mayor vulnerabilidad, asegurando la integridad del ecosistema, por la construcción del proyecto conforme al análisis de los impactos ambientales.

Tabla IV.13. Clasificación de los Impactos Ambientales identificados de acuerdo con la importancia del impacto. Elaboración propia.

Valor de Importancia (IMP)	Impactos ambientales	
	Negativos (-)	Positivos (+)
Bajo	0	1
Moderado	3	4
Severo	19	1
Crítico	0	0
Total	**22**	**6**

A continuación, se presenta la valoración detallada de los impactos ambientales por componente y factor ambiental. El análisis se fundamenta en la Metodología de Conesa Fernández-Vítora, la cual determina la Importancia (I) de cada impacto mediante la integración de atributos cualitativos y cuantitativos como intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad y recuperabilidad. Estos resultados permiten jerarquizar las afectaciones y orientar estratégicamente las acciones al seguimiento ambiental.

CONSULTA PÚBLICA





Tabla IV.14. Valoración de los impactos ambientales. Elaboración propia.

MEDIO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	ID	ETAPA DEL PROYECTO QUE IMPACTA			VALORACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE CADA IMPACTO												TIPO DE IMPACTO
					P	C	OyM	NAT	INT	EXT	SIN	PERS	EF	MOM	ACU	REC	REV	PER	IMP	CATEGORIA	
Abiótico	Geoformas	Relieve	Alteración de la topoforma	1	√	√	-	-1	7	4	1	4	4	4	1	2	4	1	50	MODERADO	NEGATIVO
	Edafología	Características fisicoquímicas del suelo	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos	2	√	√	√	-1	6	8	4	4	4	4	4	4	4	1	63	SEVERO	NEGATIVO
		Erodabilidad	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)	3	√	√	-	-1	7	4	1	4	4	4	1	8	4	1	56	SEVERO	NEGATIVO
		Permeabilidad	Sellamiento y compactación del suelo	4	√	√	-	-1	7	8	1	1	4	8	1	4	4	1	61	SEVERO	NEGATIVO
		Fragilidad del suelo	Hundimientos en suelo frágiles	5	√	√	√	-1	6	4	2	1	4	8	4	2	4	1	52	SEVERO	NEGATIVO
	Aire	Composición gaseosa	Aumento en la emisión de GYCEI y particulas suspendidas	6	√	√	-	-1	6	8	2	1	4	8	4	1	1	1	56	SEVERO	NEGATIVO
			Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas	7	-	-	√	1	5	4	1	4	4	8	1	8	4	1	54	MODERADO	POSITIVO
		Acústica	Aumento en los niveles de ruido	8	√	√	√	-1	6	4	2	1	4	8	4	1	1	1	48	MODERADO	NEGATIVO
	Hidrología	Dinámica hidrológica	Cambio en los patrones de escurrimiento	9	√	√	-	-1	6	4	1	2	4	8	4	4	4	1	54	SEVERO	NEGATIVO
			Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua)	10	√	√	-	-1	6	4	1	2	4	4	4	4	4	1	50	MODERADO	NEGATIVO
		Calidad del agua superficial y subterránea	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea	11	√	√	√	-1	7	4	2	4	4	8	4	2	4	1	58	SEVERO	NEGATIVO
Biótico	Vegetación	Estructura del ecosistema	Perdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat	12	√	√	√	-1	8	8	4	2	1	2	4	4	4	1	62	SEVERO	NEGATIVO
			Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona)	13	√	√	-	-1	10	8	4	4	1	2	4	4	4	1	70	SEVERO	NEGATIVO
		Diversidad de la flora silvestre	Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre	14	√	√	-	-1	8	8	4	2	4	4	1	4	4	1	64	SEVERO	NEGATIVO
		Especies protegidas de la flora silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre	15	√	√	-	-1	8	8	4	2	4	4	1	4	4	1	64	SEVERO	NEGATIVO
	Fauna	Diversidad de la fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras)	16	√	√	√	-1	5	4	2	4	4	4	4	8	4	1	54	SEVERO	NEGATIVO
			Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre	17	√	√	√	-1	10	4	2	4	4	8	1	8	4	1	70	SEVERO	NEGATIVO
		Especies protegidas de la fauna silvestre	Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre	18	√	√	√	-1	10	4	2	4	4	8	1	8	4	1	70	SEVERO	NEGATIVO
		Hábitat faunístico	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat	19	√	√	-	-1	9	4	2	4	4	8	1	8	4	1	67	SEVERO	NEGATIVO
			Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre	20	√	√	-	-1	8	4	2	4	4	4	4	8	4	1	63	SEVERO	NEGATIVO
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad escénica	Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura	21	√	√	-	-1	6	4	1	4	4	8	1	4	4	1	53	SEVERO	NEGATIVO
		Fragilidad paisajística	Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación)	22	√	√	-	-1	10	4	1	4	4	8	1	8	4	1	69	SEVERO	NEGATIVO
Económico	Socioeconómico	Desarrollo económico	Desarrollo y habilitación de empleos nuevos	23	√	√	√	1	3	4	1	4	4	4	1	4	2	1	38	MODERADO	POSITIVO
			Incremento del nivel socioeconómico de la región	24	√	-	√	1	3	2	1	4	4	8	1	4	2	1	38	MODERADO	POSITIVO
		Transporte público	Conectividad y mejora del transporte público	25	√	-	√	1	2	1	1	4	1	2	1	4	2	1	24	BAJO	POSITIVO
		Comunidades indígenas	Desarrollo y participación de las comunidades indígenas	26	√	-	√	1	3	4	1	4	1	2	1	4	2	1	33	MODERADO	POSITIVO
Cultural	Patrimonio cultural	Sitios arqueológicos	Descubrimiento y conservación de sitios de importancia cultural	27	√	√	√	1	2	1	1	4	4	4	1	8	4	1	35	MODERADO	POSITIVO

CONSULTA PÚBLICA





Partiendo de los resultados obtenidos en la valoración de impactos ambientales, se presenta a continuación una descripción de los efectos que dichos impactos podrían presentarse en cada uno de los componentes del medio biofísico y social evaluados:

IV.1.5 Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

Tabla IV.15. Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
1	Preparación del sitio y Construcción	Desmonte Despalme Rehabilitación del terraplén existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Conformación del nuevo terraplén Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas) Construcción de Pasos de fauna Perforación Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial.	**Geoformas (Relieve)**	Alteración de la topoforma	NAT: - | INT: 7 | EXT: 4 | SIN: 1 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 1 | REC: 2 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 50 – MODERADO (NEGATIVO). La alteración de la topoforma se generará durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Dado que el trazo del "Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara" atraviesa los sistemas de Meseta Basáltica con Lomerío y Lomerío de Basalto, las actividades de desmonte, despalme, excavación, corte, relleno y conformación de terraplenes modificarán irreversiblemente la configuración natural del relieve en estas áreas elevadas. La intensidad (7) se considera alta, ya que se requerirán cortes significativos en las zonas elevadas para mantener la rasante del proyecto; sin embargo, su extensión (4) se limita al derecho de vía y a las áreas de ocupación permanente. La persistencia (4) y la reversibilidad (4) indican que estas modificaciones topográficas permanecerán durante toda la vida útil de la obra y difícilmente podrán revertirse de forma natural. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (4), manifestándose desde el inicio de los trabajos. Aunque la sinergia (1) y la acumulación (1) son bajas, el cambio en el relieve podría favorecer procesos erosivos y alterar los escurrimientos superficiales. Por su parte, la recuperabilidad (2) del área será parcial y dependerá de la estabilización de	Modificación permanente del relieve y microrelieve por cortes, rellenos y terraplenes; posible alteración de escurrimientos y estabilidad de taludes.	**P01 P02 P08 M01 M02**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					taludes, la revegetación y la construcción de obras de drenaje adecuadas. En conjunto, la evaluación de estos atributos da como resultado una Importancia de 50 (IMP = 50), clasificando este impacto como moderado negativo. En consecuencia, es indispensable implementar medidas de mitigación enfocadas en minimizar los movimientos de tierra, optimizar el balance de cortes y rellenos, y garantizar la estabilidad física de las áreas intervenidas.		
2	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Habilitación de caminos de acceso Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Rehabilitación de infraestructura existente Rehabilitación del terraplén existente Excavación y salvamento arqueológico Corte al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Tendido de balasto Acarreo de materiales Instalación de vía férrea (Durmientes y reíles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de Pasos de fauna Perforación Colado de pilas de concreto Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento) Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial. Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria Operación de las Vías Mantenimiento de las instalaciones	**Edafología (Características fisicoquímicas del suelo)**	Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos	NAT: - | INT: 6 | EXT: 8 | SIN: 4 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 4 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 63 – SEVERO (NEGATIVO). La alteración de las características fisicoquímicas del suelo es un riesgo latente durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Esta contaminación puede derivarse del manejo inadecuado o derrames accidentales de combustibles, lubricantes, sustancias químicas y diversos residuos utilizados a lo largo del proyecto ferroviario. La intensidad (6) se considera media-alta, ya que cualquier derrame tiene el potencial de modificar drásticamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Su extensión (8) es amplia, debido a que las actividades operativas y de riesgo se distribuyen a lo largo de todo el derecho de vía, las estaciones y las zonas de mantenimiento. La sinergia (4) y la acumulación (4) presentan valores elevados porque la contaminación puede propagarse hacia cuerpos de agua y agravarse mediante la acumulación de eventos repetitivos. Esta vulnerabilidad del entorno es de particular preocupación debido a la cercanía del trazo del proyecto con un pasivo ambiental crítico: la presencia de aproximadamente 300,000 toneladas de residuos peligrosos de cromo hexavalente, abandonados por la empresa "Química Central de México S.A. de C.V." a la altura del Km 13.5 de la carretera León–San Francisco del Rincón, en Guanajuato.	Alteración de pH, materia orgánica, fertilidad y actividad biológica del suelo; posible migración de contaminantes hacia agua superficial o subterránea.	**P01 P03 P04 P05 P06 P07 P08 M03**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (4), mientras que la recuperabilidad (4) depende de la aplicación de técnicas de remediación especializadas y la reversibilidad (4) es limitada por los tiempos naturales de recuperación del suelo. En conjunto, estos atributos generan una Importancia (IMP = 63), clasificándolo como un impacto severo negativo, que requiere estrictos programas de prevención, atención de derrames y monitoreo ambiental.		
3	Preparación del sitio y Construcción	Desmonte Despalme Rehabilitación de infraestructura existente Rehabilitación del terraplén existente Excavación y salvamento arqueológico Corte al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Perforación Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial	**Edafología (Erodabilidad)**	Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica)	NAT: - | INT: 7 | EXT: 4 | SIN: 1 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 1 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 56 – SEVERO (NEGATIVO). Las actividades de desmonte, despalme, excavación y movimiento de tierras ocasionarán la remoción del horizonte superficial del suelo, lo que incrementará considerablemente su vulnerabilidad ante procesos de erosión hídrica y eólica. Es importante destacar que, de acuerdo con la CONABIO, el área del proyecto ya presenta condiciones previas de erosión hídrica laminar (tanto leve como breve) y erosión hídrica leve en surcos. La intensidad (7) se considera alta debido a la pérdida de la capa superficial, la cual concentra la mayor cantidad de materia orgánica y nutrientes. La extensión (4) se circunscribe a las áreas directamente intervenidas, limitándose a la huella constructiva del proyecto ferroviario. Por su parte, la persistencia (4) indica que la degradación edáfica se mantendrá hasta que se apliquen acciones de restauración. A su vez, la recuperabilidad (8) exigirá medidas intensivas y continuas, tales como la reincorporación de suelo fértil, la revegetación y el control activo de la erosión. El impacto tiene un efecto directo (4) y un momento inmediato (4), manifestándose desde el arranque de las obras. Aunque la sinergia (1) es baja, este proceso favorece de manera	Pérdida del horizonte orgánico, exposición del suelo y aumento de erosión hídrica y eólica, sedimentación y pérdida de fertilidad.	**P08 M02 M04 M05 M07**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					indirecta la sedimentación y el deterioro de la calidad del agua; mientras que la acumulación (1) es simple, al concentrarse exclusivamente en la etapa constructiva. Por último, la reversibilidad (4) se evalúa como limitada, dado el lento proceso natural que requiere la formación de nuevo suelo. En conjunto, la combinación de estos atributos arroja una Importancia de 56 (IMP = 56), lo que clasifica este impacto como severo negativo. Esto hace indispensable la implementación de programas específicos y rigurosos para la conservación, manejo y restauración de suelos.		
4	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Acarreo de materiales Perforación Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	**Edafología (Permeabilidad)**	Sellamiento y compactación del suelo	NAT: - | INT: 7 | EXT: 8 | SIN: 1 | PERS: 1 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 1 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 61 – SEVERO (NEGATIVO). El tránsito continuo de maquinaria pesada, la conformación de terraplenes y la construcción de obras permanentes generan procesos de compactación y sellamiento del suelo que disminuyen su porosidad e infiltración en una superficie aproximada de 973.9650 ha huella del proyecto. La intensidad (7) es alta debido a la magnitud de las cargas aplicadas durante la construcción del proyecto ferroviario, mientras que la extensión (8) comprende gran parte de las áreas ocupadas permanentemente por la infraestructura. El impacto presenta una persistencia (1) asociada a las zonas intervenidas, un efecto directo (4) y un momento inmediato (8) al ejecutarse las actividades constructivas. La sinergia (1) favorece indirectamente el incremento del escurrimiento superficial y la erosión, mientras que la acumulación (1) es simple. La recuperabilidad (4) es posible mediante escarificación, rehabilitación del suelo y revegetación, aunque la reversibilidad (4) es limitada cuando existen superficies permanentemente impermeabilizadas. En conjunto, los atributos determinan una Importancia (IMP = 61), clasificándose como un impacto severo negativo, por lo que deberán implementarse medidas para reducir la	Reducción de porosidad y permeabilidad, menor infiltración, mayor escurrimiento y deterioro de la estructura edáfica.	**P01 M07 P08**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					compactación y conservar la funcionalidad del suelo.		
5	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Desmonte Despalme Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Tendido de balasto Acarreo de materiales Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de pasos de fauna Perforación Colocación de acero de refuerzo Colado de pilas con concreto Construcción de superestructuras Perforación Extracción del material Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria Operación de las vías	**Edafología (Fragilidad del suelo)**	Hundimientos en suelos frágiles	NAT: - | INT: 6 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 1 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 4 | REC: 2 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 52 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción y operación del proyecto ferroviario pueden inducir asentamientos diferenciales en zonas con suelos de baja capacidad de carga. Esta afectación se deriva principalmente de las excavaciones, la compactación del terreno y las cargas continuas que transmiten tanto los terraplenes como la circulación de los trenes. La intensidad (6) se considera media-alta debido a su potencial para comprometer la estabilidad del terreno y de la infraestructura. Esta vulnerabilidad es especialmente crítica en las áreas de colapso o asentamiento superficial identificadas en el municipio de León (de acuerdo con la cartografía de Peligros Geomorfológicos del INEGI, SGM y el Instituto de Geología de la UNAM, escala 1:250,000). Su extensión (4) se restringe exclusivamente a los sitios que presentan estas condiciones geotécnicas. La sinergia (2) y la acumulación (4) reflejan que los asentamientos pueden incrementarse con el tiempo y favorecer daños adicionales en obras de drenaje y estructuras. El impacto presenta una persistencia (1) localizada, un efecto directo (4) y un momento de manifestación (8) asociado a la aplicación de cargas. La recuperabilidad (2) depende de la aplicación de soluciones geotécnicas, mientras que la reversibilidad (4) es limitada una vez ocurridos los hundimientos. La combinación de atributos determina una Importancia (IMP = 52), clasificándose como un impacto severo negativo, por lo que será indispensable realizar estudios geotécnicos detallados y monitorear los asentamientos durante la vida útil del proyecto.	Riesgo de subsidencia o deformaciones diferenciales en terrenos frágiles, con afectación potencial a drenajes, terraplenes y obras.	**P01 P02 M04 M07 P08**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
6	Preparación del sitio y Construcción	Habilitación de caminos de acceso existentes Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Rehabilitación de infraestructura existente Rehabilitación de terraplén existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Tendido de cables Tendido de balasto Acarreo de materiales Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de pasos de fauna Perforación Colocación de acero de refuerzo Colado de pilas con concreto Construcción de superestructuras Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados) Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria Mantenimiento de las instalaciones	**Aire (Composición gaseosa)**	Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas	NAT: - | INT: 6 | EXT: 8 | SIN: 2 | PERS: 1 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 4 | REC: 1 | REV: 1 | PER: 1 Importancia (IMP): 56 – SEVERO (NEGATIVO). Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto ferroviario, se producirá un deterioro de la calidad del aire debido a la emisión de partículas suspendidas (fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$) y gases de efecto invernadero (GEI). Estas emisiones se derivan directamente de las actividades intensivas de movimiento de tierras, el tránsito continuo de maquinaria pesada, el acarreo de materiales constructivos y el consumo de combustibles fósiles. La intensidad (6) se considera media-alta ante el incremento significativo de las concentraciones de polvo y gases de combustión en el entorno inmediato de las obras. Su extensión (8) se evalúa como amplia, ya que las emisiones, aunque se generan de forma lineal a lo largo del corredor ferroviario, son arrastradas y dispersadas según la dirección y velocidad del viento. Si bien la concentración del contaminante disminuye paulatinamente al alejarse de la fuente de emisión, la pluma de dispersión puede alcanzar a poblaciones cercanas al derecho de vía. En cuanto a la sinergia (2) y la acumulación (4), las emisiones del proyecto no solo incrementarán la carga de contaminantes atmosféricos locales, sino que presentan un escenario con probabilidad de riesgo en las inmediaciones del municipio de San Francisco del Rincón, Gto. En esta zona se ubica un pasivo ambiental (los residuos de cromo hexavalente dejados por Química Central de México). La actividad de maquinaria, el tránsito vehicular y las corrientes de aire generadas por el proyecto pueden provocar la resuspensión de partículas del suelo, que pueden mezclarse con las partículas de residuos peligrosos de cromo facilitando la dispersión y arrastre de contaminantes altamente peligrosos hacia zonas vulnerables.	Incremento temporal de PM10, PM2.5, gases de combustión y GYCEI; deterioro local de la calidad del aire.	**P04** **P05** **P08** **P09** **P10** **M04** **M05** **M10**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					En cuanto a su temporalidad, el impacto presenta un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (8), ocurriendo simultáneamente con la ejecución de las obras. No obstante, la persistencia (1) es temporal. Puesto que la alteración depende de una fuente activa, tanto la recuperabilidad (1) como la reversibilidad (1) del entorno son muy altas; el aire recuperará sus condiciones basales de forma natural poco después de que cesen las actividades constructivas. La combinación de estos atributos arroja una Importancia de 56 (IMP = 56), clasificándolo como un impacto severo negativo. Esto hace necesario la ejecución de acciones de supresión de polvos (humectación continua de caminos, cubrimiento de tolvas, límites de velocidad) y un mantenimiento preventivo riguroso del parque vehicular.		
8	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Operación de las vías Operación de las estaciones Mantenimiento de las instalaciones	**Aire (Acústica)**	Aumento en los niveles de ruido	NAT: - | INT: 6 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 1 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 4 | REC: 1 | REV: 1 | PER: 1 Importancia (IMP): 48 – MODERADO (NEGATIVO). El incremento de los niveles de ruido se presenta durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento debido al funcionamiento de maquinaria pesada, equipo de construcción, vehículos de transporte y circulación de trenes. La intensidad (6) se considera media-alta por el aumento temporal de los niveles sonoros en el entorno inmediato del proyecto. La extensión (4) corresponde principalmente al derecho de vía y a las zonas cercanas a estaciones y áreas de trabajo. La persistencia (1) es temporal, ya que los mayores niveles de ruido ocurren durante las actividades constructivas y de mantenimiento, mientras que en operación se presentan de forma intermitente. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (8) desde el inicio de las actividades generadoras de ruido. La sinergia (2) y la acumulación (4) reflejan que este impacto puede potenciar la perturbación de fauna y las	Elevación temporal y periódica del ambiente sonoro; molestias a población y alteración del comportamiento de fauna.	**P04** **P08** **P09** **P10** **C03** **M10**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					molestias a la población. La recuperabilidad (1) y la reversibilidad (1) son altas al disminuir el ruido una vez concluidas las actividades. En conjunto, los atributos generan una Importancia (IMP = 48), clasificándolo como un impacto moderado negativo, por lo que será necesario implementar controles acústicos, mantenimiento de maquinaria y monitoreo periódico de ruido.		
9	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Cortes al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Instalación de vía férrea (Durmientes y reíles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de Pasos de fauna Perforación Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria	**Hidrología (Dinámica hidrológica)**	Cambio en los patrones de escurrimiento	NAT: - | INT: 6 | EXT: 4 | SIN: 1 | PERS: 2 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 4 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 54 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción del proyecto ferroviario conlleva una modificación ineludible de la superficie natural mediante la ejecución de cortes, la conformación de terraplenes y la instalación de estructuras de cruce. Estas obras representan barreras físicas que pueden alterar drásticamente la dirección, el volumen y la velocidad de los escurrimientos superficiales naturales. La intensidad (6) del impacto se evalúa como media-alta debido a la compleja red hidrológica con la que interactúa el trazo. El proyecto tiene incidencia directa sobre 64 cuerpos y corrientes de agua, distribuidos de la siguiente manera: 35 arroyos y corrientes intermitentes, 8 ríos y corrientes perennes, 5 límites de lagos, lagunas o presas (y 1 límite adicional de carácter permanente), 4 acueductos subterráneos, 4 canales de irrigación, 3 acueductos de uso diverso, y 2 cruces sobre ríos perennes dobles. Esta densidad de cruces incrementa el riesgo de modificar la dinámica hidrológica a escala local. A pesar de esta complejidad, la extensión (4) se mantiene acotada geográficamente al derecho de vía y a los puntos específicos donde se desarrollen las obras hidráulicas (ODT´s, puentes y cunetas). El impacto tiene un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (8), ya que las alteraciones en los flujos de agua comienzan a evidenciarse tan pronto como concluyen los movimientos de	Desvío, concentración o interrupción de flujos superficiales; aumento de erosión, encharcamientos o inundaciones locales.	**P01 P08 P11 M07**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					tierra y se establecen los terraplenes sobre los cauces. Aunque la sinergia (1) es baja, la alteración del flujo natural favorece el inicio de procesos erosivos y de sedimentación aguas abajo. Además, la acumulación (4) es un factor de cuidado, ya que los efectos de embalsamiento o socavación pueden agravarse progresivamente con eventos sucesivos de precipitación intensa. En cuanto a la temporalidad, la persistencia (2) indica que los cambios en el patrón de escurrimiento se mantendrán durante toda la operación del tren si las obras no están bien dimensionadas. Por ello, la recuperabilidad (4) del entorno hidrológico depende de la correcta adecuación, diseño y mantenimiento de las obras de drenaje transversal y longitudinal; de igual forma, la reversibilidad (4) se considera limitada, pues el cauce natural no podrá restituirse mientras la infraestructura ferroviaria permanezca en el sitio. En conjunto, la evaluación de estos atributos arroja una Importancia de 54 (IMP = 54), clasificando el impacto como severo negativo.		
10	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados)	**Hidrología (Dinámica hidrológica)**	Disminución de la infiltración del agua y recarga del acuífero	NAT: - | INT: 6 | EXT: 4 | SIN: 1 | PERS: 2 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 4 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 50 – MODERADO (NEGATIVO). La ocupación permanente del suelo por el proyecto ferroviario y la compactación derivada de las actividades constructivas reducen la capacidad de infiltración del agua hacia el subsuelo, afectando de manera localizada la recarga de los acuíferos. La intensidad (6) es media-alta debido a la disminución de la permeabilidad del suelo. La extensión (4) se restringe al derecho de vía y demás superficies ocupadas permanentemente. La persistencia (2) refleja que el efecto permanecerá durante la operación del proyecto. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (4)	Menor infiltración y almacenamiento hídrico por compactación e impermeabilización; reducción local de recarga.	**P08 P11 M07 C01 C02 C03 C04**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					desde la consolidación de las superficies intervenidas. La sinergia (1) favorece el incremento del escurrimiento superficial y la erosión, mientras que la acumulación (4) puede intensificarse conforme aumente la impermeabilización del terreno. La recuperabilidad (4) depende de la implementación de obras de infiltración y drenaje sostenible, mientras que la reversibilidad (4) es limitada. En conjunto, la valoración genera una Importancia (IMP = 50), clasificándolo como un impacto moderado negativo, por lo que será necesario incorporar medidas que favorezcan la infiltración y reduzcan las superficies impermeables.		
11	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Rehabilitación de infraestructura existente Rehabilitación del terraplén existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Tendido de balasto Acarreo de materiales Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de pasos de fauna Perforación Colocación de acero de refuerzo Colado de pilas con concreto Construcción de superestructuras Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Instalación de red eléctrica,	**Hidrología (Calidad del agua superficial y subterránea)**	Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea	NAT: - | INT: 7 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 4 | REC: 2 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 58 — SEVERO (NEGATIVO). La alteración de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea, constituye un riesgo ambiental durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto ferroviario. Esta afectación se deriva del arrastre hídrico de sedimentos tras los movimientos de tierra, el manejo inadecuado de residuos y combustibles, y la posible ocurrencia de derrames accidentales en las zonas de obra. La intensidad (7) se evalúa como alta debido a que representa la incorporación de agentes contaminantes (hidrocarburos, aceites, solventes y sólidos suspendidos) en la red hidrológica y los mantos acuíferos. Su extensión (4) se encuentra focalizada en las áreas de influencia directa de los cauces, sistemas de drenaje y zonas designadas para el mantenimiento de maquinaria. En cuanto a su temporalidad, la persistencia (4) indica que los efectos nocivos se mantendrán latentes mientras la fuente de contaminación siga activa (particularmente durante la fase constructiva), presentando un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (8) tras suscitarse cualquier evento de derrame o arrastre pluvial.	Aumento de turbidez, sedimentos, grasas, aceites u otros contaminantes; deterioro de la calidad del recurso hídrico.	**P03 P04 P05 P06 P07 P08 P11 M03 M07**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
		hidráulica, sanitaria y pluvial Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados) Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria Operación de las vías Operación de las estaciones Mantenimiento de las instalaciones			Para la sinergia (2) y la acumulación (4), la intrusión de contaminantes del proyecto ferroviario tiene el potencial de agravar la degradación de los ecosistemas acuáticos y edáficos al interactuar con pasivos preexistentes en la RE. Resulta de vital importancia el riesgo sinérgico en la zona de San Francisco del Rincón, donde existe la amenaza de movilizar o lixiviar depósitos de cromo hexavalente abandonados, sino se llevan a cabo medidas de prevención y mitigación. A esto se suma el riesgo en las zonas agrícolas, donde el agua de escurrimiento del proyecto podría arrastrar y concentrar agroquímicos residuales, transportando un coctel tóxico hacia cuerpos de agua limpios. Por su parte, la recuperabilidad (2) del medio acuático es baja y dependerá de la pronta y correcta ejecución de medidas de saneamiento y remediación. Asimismo, la reversibilidad (4) se considera fuertemente limitada, especialmente si la contaminación logra percolarse hacia los acuíferos o si los contaminantes pesados se asientan en los lechos de los ríos. La ponderación de estos atributos arroja una Importancia de 58 (IMP = 58), clasificando el impacto como severo negativo. Este diagnóstico exige la implementación de estrictas medidas preventivas, tales como la instalación de trampas de sedimentos, bermas de contención de derrames, el manejo integral de residuos peligrosos y un programa de monitoreo analítico permanente de la calidad del agua superficial y subterránea.		
12	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Excavación y salvamento arqueológico	**Vegetación (Estructura del ecosistema)**	Pérdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat	NAT: - | INT: 8 | EXT: 8 | SIN: 4 | PERS: 2 | EF: 1 | MOM: 2 | ACU: 4 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 62 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción del proyecto ferroviario requerirá de manera ineludible el desmonte y despalme de la vegetación existente dentro del derecho de vía y en las áreas auxiliares, superficie forestal de 121.5863 ha. Estas	Reducción y discontinuidad de la cobertura vegetal; pérdida de funciones ecosistémicas e incremento de efecto de borde.	**P01 P08 M08 C01 C02 C03 C04 C05 C06**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					actividades operativas ocasionarán la remoción directa de la cubierta vegetal, lo que a su vez provocará una severa fragmentación de los ecosistemas locales, aislando hábitats y alterando la continuidad biológica de la zona. La intensidad (8) de este impacto se considera alta debido a la eliminación total de la cobertura vegetal en las áreas de desplante y ocupación de las vías. Su extensión (8) se evalúa como amplia, ya que la afectación no es puntual, sino que ocurre de manera lineal y continua a lo largo de todo el corredor ferroviario, manteniéndose confinada a la huella de afectación del proyecto. En cuanto a su temporalidad, el impacto presenta un efecto directo (1) y un momento de manifestación temprano (2), puesto que el desmonte constituye una de las primeras actividades ejecutadas durante la preparación del sitio. La persistencia (2) indica que la pérdida de esta cobertura original se mantendrá constante durante toda la vida útil del proyecto, dado que la infraestructura de la vía férrea (terraplenes, balasto, durmientes y rieles) ocupará de forma definitiva el espacio que antes pertenecía a la vegetación. La sinergia (4) y la acumulación (4) son elevadas debido a que la fragmentación del ecosistema no solo genera un efecto de borde que perjudica a la flora, la fauna y la calidad del paisaje, sino que se suma a los impactos preexistentes derivados de otras actividades antropogénicas históricas en la Región Ecológica, agudizando la presión sobre los recursos naturales. La recuperabilidad (4) depende de los programas de compensación ecológica y la reversibilidad (4) es limitada. En conjunto, los atributos determinan una Importancia (IMP = 62), clasificándolo como un impacto severo negativo, por lo que será indispensable minimizar el desmonte y ejecutar programas de restauración y compensación ambiental.		

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
13	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Excavación y salvamento arqueológico	**Vegetación (Estructura del ecosistema)**	Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica	NAT: - | INT: 10 | EXT: 8 | SIN: 4 | PERS: 4 | EF: 1 | MOM: 2 | ACU: 4 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 70 – SEVERO (NEGATIVO). La remoción de vegetación en una superficie de 121.5863 ha y la fragmentación del hábitat modifican la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, afectando procesos como la regeneración natural, la polinización, la dispersión de semillas y las relaciones entre especies. La intensidad (10) es muy alta debido a que estos procesos sostienen la estabilidad ecológica del área. La extensión (8) es amplia al presentarse de forma continua en las áreas intervenidas por el proyecto ferroviario. La persistencia (4) indica que las alteraciones pueden mantenerse durante largos periodos si no se restauran las condiciones ambientales. El impacto presenta un efecto indirecto (1) y un momento de manifestación (2) posterior a la remoción de la vegetación. La sinergia (4) y la acumulación (4) reflejan la interacción con otros impactos sobre flora y fauna. La recuperabilidad (4) depende de la eficacia de los programas de restauración ecológica, mientras que la reversibilidad (4) es limitada debido a los tiempos requeridos para restablecer la dinámica natural. En conjunto, los atributos generan una Importancia (IMP = 70), clasificándolo como un impacto severo negativo, por lo que será necesario implementar acciones de restauración con especies nativas y monitoreo de la recuperación ecológica.	Alteración de polinización, dispersión, competencia, regeneración y trayectoria sucesional; menor resiliencia del ecosistema.	**P01 P08 M08 C01 C02 C03 C04 C05 C06**
14	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Excavación y salvamento arqueológico	**Vegetación (Diversidad de la flora silvestre)**	Disminución o afectación a la población de individuos de flora silvestre	NAT: - | INT: 8 | EXT: 8 | SIN: 4 | PERS: 2 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 1 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 64 – SEVERO (NEGATIVO). La remoción de vegetación durante la preparación del sitio y construcción del proyecto ferroviario ocasionará la pérdida directa de individuos de flora silvestre y la reducción local de su abundancia en una superficie de 121.5863 ha. La intensidad (8) se	Reducción local de riqueza, abundancia y reclutamiento de flora; pérdida de individuos y propágulos.	**P01 P08 M08 C01 C02 C03 C04 C05 C06**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					considera alta debido a la eliminación de ejemplares dentro del área de ocupación permanente. La extensión (8) comprende todo el derecho de vía y las áreas auxiliares del proyecto. La persistencia (2) refleja que la disminución de individuos permanecerá durante la operación de la infraestructura. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (4) desde el inicio del desmonte. La sinergia (4) favorece la pérdida de hábitat y las alteraciones en la dinámica ecológica, mientras que la acumulación (1) es simple. La recuperabilidad (4) depende de la implementación de programas de rescate, reubicación y reforestación, mientras que la reversibilidad (4) es limitada por el tiempo requerido para restablecer las poblaciones naturales. La combinación de estos atributos determina una Importancia (IMP = 64), clasificándose como un impacto severo negativo, por lo que deberán ejecutarse medidas de rescate de flora y restauración ecológica para reducir la pérdida de biodiversidad.		
15	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Desmonte Despalme Excavación y salvamento arqueológico	**Vegetación (Especies protegidas de la flora silvestre)**	Afectación de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y otros instrumentos	NAT: - | INT: 8 | EXT: 8 | SIN: 4 | PERS: 2 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 1 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 64 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción del proyecto ferroviario conlleva el riesgo de afectación directa a ejemplares de flora silvestre que se encuentran bajo alguna categoría de protección normativa. Este impacto es consecuencia ineludible de las actividades de desmonte, despalme y la ocupación permanente del derecho de vía y áreas auxiliares. La intensidad (8) se evalúa como alta debido a la importancia ecológica y legal de estas especies, cuya pérdida o remoción no autorizada compromete la conservación de sus poblaciones locales. Si bien durante los muestreos biológicos de campo realizados en	Daño o pérdida de ejemplares bajo protección; disminución local de poblaciones y riesgo de incumplimiento normativo.	**P01 P08 M08 C01 C02 C03 C04 C05 C06**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					el Área del Proyecto (AP) no se registraron de manera directa especies normadas, el análisis de la Región Ecológica revela un alto potencial de afectación. De acuerdo con los instrumentos de conservación, en la zona de influencia se distribuye una rica biodiversidad de flora potencial bajo riesgo: • NOM-059-SEMARNAT-2010 (y su modificación 2019): Se identifican 66 especies en alguna categoría de riesgo (32 Sujetas a Protección Especial [Pr], 24 Amenazadas [A] y 10 en Peligro de Extinción [P]). • CITES: Se contabilizan 272 especies, todas incluidas dentro del Apéndice II. • UICN: Se registra un total de 1,014 especies categorizadas, de las cuales 25 cuentan con Datos Insuficientes (DD), 890 de Preocupación Menor (LC), 31 Vulnerables (VU), 26 Casi Amenazadas (NT) y 28 en Peligro (EN). Resulta de máxima alerta la presencia potencial de cinco especies clasificadas en Peligro Crítico (CR): *Arachnothryx jaliscensis, Cedrela dugesii, Louteridium koelzii, Magnolia pacifica pacífica y Magnolia pacífica*. La extensión (8) del impacto comprende todas aquellas áreas dentro de la huella constructiva donde pudiesen distribuirse dichos ejemplares. El impacto tiene un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (4), presentándose desde el instante en que inicia la remoción de la cubierta vegetal. Asimismo, la persistencia (2) indica que la pérdida de estos individuos será permanente durante toda la vida útil de la infraestructura si no se interviene adecuadamente. Por otro lado, la sinergia (4) tiene un valor elevado ya que la eliminación de especies protegidas agudiza la pérdida general de		

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					biodiversidad y contribuye a la fragmentación del hábitat, aunque la acumulación (1) se considere simple. En cuanto a las medidas de mitigación, la recuperabilidad (4) del entorno depende del éxito que tengan las acciones de rescate, reubicación y compensación ecológica. La reversibilidad (4) se evalúa como limitada, dadas las exigencias biológicas y el lento crecimiento de muchas de las especies protegidas (como las especies arbóreas de madera preciosa o las magnolias). En conjunto, la ponderación de estos atributos genera una Importancia de 64 (IMP = 64), lo que clasifica categóricamente a este impacto como severo negativo. Por lo tanto, es obligatoria y condicionante la implementación de acciones de rescate, reubicación y monitoreo de flora protegida, previo al ingreso de cualquier maquinaria al sitio.		
16	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Habilitación de caminos de acceso existentes Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Alineación horizontal y vertical del trazo Desmonte Despalme Rehabilitación de infraestructura existente Rehabilitación de terraplén existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Rellenos y nivelaciones Compactaciones Conformación del nuevo terraplén Tendido de balasto Acarreo de materiales Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles)	**Fauna (Diversidad de la fauna silvestre)**	Perturbación y ahuyentamiento por contaminación auditiva y lumínica	NAT: - | INT: 5 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 4 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 54 – SEVERO (NEGATIVO). Las actividades de construcción y operación del proyecto ferroviario generarán un incremento sustancial en los niveles de ruido, vibraciones e iluminación artificial. Estas alteraciones físicas y sensoriales modifican el comportamiento natural de la fauna silvestre, desencadenando estrés fisiológico, desplazamientos temporales o definitivos, la interrupción de actividades biológicas (como la alimentación y la reproducción) y el consecuente abandono de refugios y nidos. La intensidad (5) se evalúa como media, reflejando una condición dual en el entorno. Por un lado, las especies presentan una alta sensibilidad ante estos factores de perturbación, especialmente durante la etapa constructiva intensiva. Por otro lado, debido a que diversas secciones del trazo se desarrollarán sobre un derecho de vía preexistente y en operación, una parte de las	Estrés, desplazamiento, abandono de nidos o madrigueras y cambios conductuales por ruido, vibraciones e iluminación.	**P01** **P08** **P09** **M06** **M09** **C01** **C02** **C03** **C04** **C05** **C06**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
		Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de pasos de fauna Perforación Colocación de acero de refuerzo Colado de pilas con concreto Construcción de superestructuras Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Instalación de red eléctrica, hidráulica, sanitaria y pluvial Sistemas ferroviarios (señalización, control y telecomunicaciones y acabados) Desmantelamiento de obras provisionales y retiro de maquinaria Operación de las vías Operación de las estaciones Mantenimiento de las instalaciones			poblaciones de fauna local ya se encuentra parcialmente habituada a la perturbación generada por el paso de trenes. La extensión (4) del impacto se limita espacialmente al corredor ferroviario a lo largo de toda su trayectoria y a su zona de influencia inmediata (área de amortiguamiento). El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (4), presentándose desde el instante en que inicia el uso de maquinaria pesada, plantas de luz y equipos generadores de ruido. En cuanto a su temporalidad, la persistencia (4) indica que la huella acústica y lumínica no cesará tras la construcción, sino que se mantendrá como un factor de presión continuo durante toda la fase de operación del tren. El impacto ambiental se agudiza al analizar la sinergia (2) y la acumulación (4), ya que la contaminación sensorial no actúa de forma aislada. Estos estresores incrementan los efectos negativos derivados de la pérdida y fragmentación del hábitat, sumándose a las presiones que ya ejercen las carreteras, asentamientos humanos y otras actividades antropogénicas consolidadas en la Región Ecológica. En lo que respecta a las medidas de mitigación, la recuperabilidad (8) del entorno es compleja y dependerá en gran medida de la resiliencia y capacidad de adaptación de cada especie, así como de la implementación de barreras físicas y controles operativos. A su vez, la reversibilidad (4) se considera limitada, particularmente para especies nocturnas o altamente sensibles que podrían abandonar definitivamente el área. La evaluación metodológica de estos atributos arroja una Importancia de 54 (IMP = 54), lo que clasifica a este impacto como severo negativo.		
17	Preparación del sitio, Construcción y	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria)	**Fauna (Diversidad de**	Disminución o afectación en la abundancia y	NAT: - | INT: 10 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 1 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 70 – SEVERO (NEGATIVO).	Reducción local de abundancia y riqueza por desplazamiento,	**P01 P08 P09**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
	Operación y mantenimiento	Alineación horizontal y vertical del trazo Desmonte Despalme Rehabilitación de infraestructura existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de pasos de fauna Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Operación de las vías Operación de las estaciones	**la fauna silvestre)**	riqueza de fauna silvestre	La pérdida de vegetación, la fragmentación del hábitat, el tránsito de maquinaria y la operación del sistema ferroviario pueden ocasionar la disminución de la abundancia y riqueza de fauna silvestre mediante el desplazamiento, la mortalidad incidental y la reducción de áreas de alimentación y refugio. La intensidad (10) se considera muy alta debido a la magnitud de las alteraciones sobre las comunidades faunísticas. La extensión (4) comprende principalmente el derecho de vía y las áreas adyacentes al proyecto. La persistencia (4) indica que el efecto permanecerá durante toda la operación del sistema ferroviario. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (8) desde las primeras actividades de construcción. La sinergia (2) y la acumulación (1) reflejan la interacción con otros impactos asociados a la pérdida de hábitat y corredores biológicos. La recuperabilidad (8) dependerá de la eficacia de los programas de restauración y de conectividad ecológica, mientras que la reversibilidad (4) es limitada para especies con baja capacidad de dispersión. En conjunto, los atributos determinan una Importancia (IMP = 70), clasificando este impacto como severo negativo, por lo que deberán implementarse programas permanentes de rescate, monitoreo y conservación de fauna.	pérdida de hábitat, mortalidad incidental y efecto barrera.	**M06 M09 C01 C02 C03 C04 C05 C06**
18	Preparación del sitio, Construcción y Operación y mantenimiento	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Alineación horizontal y vertical del trazo Desmonte Despalme Desmantelamiento de infraestructura existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas)	**Fauna (Especies protegidas de la fauna silvestre)**	Afectación de especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y otros instrumentos	NAT: - | INT: 10 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 1 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 70 – SEVERO (NEGATIVO). El desarrollo del proyecto ferroviario ocasionará afectaciones directas a ejemplares de fauna silvestre, incluyendo especies bajo estatus de protección normativa. Estos impactos se derivan de la pérdida y fragmentación de hábitat, la perturbación sensorial (ruido y vibraciones), el riesgo de atropellamiento y la consecuente modificación de sus áreas naturales de distribución. La intensidad (10) alcanza una numeración alta de evaluación debido al valor ecológico y legal	Afectación o mortalidad de ejemplares protegidos, con consecuencias relevantes para poblaciones de distribución restringida.	**P01 P08 P09 M06 M09 C01 C02 C03 C04 C05 C06**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
		Construcción de pasos de fauna Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento) Operación de las vías Operación de las estaciones			de las especies vulnerables en la zona, cuya conservación es una prioridad nacional e internacional. Durante los muestreos de campo en el área del proyecto, se identificó la presencia directa de tres especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010: la cigüeña americana (*Mycteria americana*) y el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), ambas Sujetas a Protección Especial (Pr); así como el pato mexicano (*Anas diazi*), catalogado como Amenazado (A). Aunado a los registros directos, el análisis de la fauna potencial en la Región Ecológica revela un escenario de alta sensibilidad biológica: • Convención CITES: Se categorizan 118 especies locales. Destacan 5 especies en el Apéndice I, de máxima restricción, incluyendo aves rapaces y mamíferos como el halcón peregrino (Falco *peregrinus / F. p. anatum*), el margay (*Leopardus wiedii*), la nutria neotropical (*Lontra annectens*) y el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*). • Lista Roja de la UICN: Se registran 1,052 especies evaluadas. Resulta crítica la presencia potencial de 3 especies en Peligro Crítico (CR): el carpintero imperial (*Campephilus imperialis*), el sereque (*Dasyprocta mexicana*) y el achoque (*Ambystoma amblycephalum*), además de 5 especies en Peligro (EN) y 19 Vulnerables (VU). • NOM-059-SEMARNAT-2010 (Regional): El área de influencia alberga 162 especies normadas: 98 Sujetas a Protección Especial (Pr), 56 Amenazadas (A), 7 en Peligro de Extinción (P) y 1 Probablemente extinta en el medio silvestre (E). El impacto presenta una extensión (4) limitada a la huella de influencia directa del proyecto, con un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (8), activándose desde		

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					el inicio de las labores de desmonte y despalme. La persistencia (4) indica que los efectos estresantes se mantendrán durante toda la etapa de operación ferroviaria. Por su parte, la sinergia (2) refleja cómo este proyecto contribuye a la disminución de poblaciones y a la pérdida de conectividad de los corredores ecológicos, mientras que la acumulación (1) es simple, sumándose gradualmente a las presiones que ya ejercen las áreas agrícolas y actividades antropogénicas de la región. En cuanto a la viabilidad del ecosistema, la recuperabilidad (8) de las poblaciones locales dependerá casi en su totalidad del éxito de las acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación. A su vez, la reversibilidad (4) se evalúa como limitada, dados los prolongados tiempos biológicos que requieren estas especies para recuperar sus tasas poblacionales y adaptarse a la nueva infraestructura. La combinación de estos atributos arroja una Importancia de 70 (IMP = 70), lo que clasifica a este impacto de manera categórica como severo negativo.		
19	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Alineación horizontal y vertical del trazo Desmonte Despalme Desmantelamiento de infraestructura existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas)	**Fauna (Hábitat faunístico)**	Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat	NAT: - | INT: 9 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 1 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 67 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción del proyecto ferroviario ocasionará la eliminación y fragmentación de áreas utilizadas por la fauna para alimentación, reproducción, refugio y desplazamiento, reduciendo la disponibilidad de hábitats funcionales. La intensidad (9) se considera alta debido a la pérdida permanente de superficie con cobertura vegetal. La extensión (4) comprende el corredor ferroviario y sus áreas de influencia inmediata. La persistencia (4) indica que la modificación permanecerá durante la operación del proyecto. El impacto presenta un	Pérdida de refugios, sitios de alimentación, reproducción y descanso; disminución de capacidad de carga del hábitat.	**P01** **P08** **P09** **M06** **M09** **C01** **C02** **C03** **C04** **C05** **C06**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
		Construcción de pasos de fauna Construcción de edificaciones (estaciones, paradero, base de mantenimiento)			efecto directo (4) y un momento inmediato (8) desde la remoción de la vegetación. La sinergia (2) y la acumulación (1) reflejan que este impacto incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones de fauna y favorece otros procesos de degradación ecológica. La recuperabilidad (8) dependerá de la restauración ecológica y de la implementación de pasos de fauna, mientras que la reversibilidad (4) es limitada debido a la permanencia de la infraestructura. La combinación de atributos genera una Importancia (IMP = 67), clasificándolo como un impacto severo negativo, por lo que deberán conservarse los remanentes de vegetación y restablecer la conectividad ecológica mediante medidas de mitigación.		
20	Preparación del sitio y Construcción	Instalación de obras provisionales (Campamentos, Almacenes y Patios de Maquinaria) Alineación horizontal y vertical del trazo Desmonte Despalme Rehabilitación de infraestructura existente Excavación y salvamento arqueológico Cortes al terreno natural Excavaciones Instalación de vía férrea (Durmientes y rieles) Construcción de obras complementarias (ODT's, cunetas y contracunetas) Construcción de pasos de fauna Construcción de edificaciones (estaciones, paraderos, base de mantenimiento)	**Fauna (Hábitat faunístico)**	Alteración de corredores biológicos y conectividad entre poblaciones	NAT: - | INT: 8 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 4 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 63 – SEVERO (NEGATIVO). La infraestructura ferroviaria puede actuar como una barrera física para el desplazamiento de diversas especies, disminuyendo la conectividad entre poblaciones y limitando el intercambio genético. La intensidad (8) se considera alta debido a la importancia de la conectividad para mantener la viabilidad de las poblaciones silvestres. La extensión (4) corresponde al derecho de vía y a los sitios donde se interrumpen rutas naturales de desplazamiento. La persistencia (4) indica que el efecto permanecerá durante toda la operación del proyecto. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (4) desde la construcción de la infraestructura. La sinergia (2) y la acumulación (4) reflejan que este impacto incrementa la fragmentación del hábitat y la mortalidad por atropellamiento. La recuperabilidad (8) dependerá de la implementación de pasos de fauna y obras de conectividad, mientras que la reversibilidad (4)	Interrupción de rutas de movimiento y flujo genético; aislamiento de poblaciones y mayor riesgo de atropellamiento.	**P01** **P08** **P09** **M06** **M09** **C01** **C02** **C03** **C04** **C05** **C06**

CONSULTA PÚBLICA





No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					es limitada en ausencia de dichas medidas. En conjunto, los atributos generan una Importancia (IMP = 63), clasificándose como un impacto severo negativo, por lo que deberán incorporarse estructuras que mantengan la conectividad ecológica y permitan el desplazamiento seguro de la fauna.		
21	Preparación del sitio y Construcción	Desmonte Despalme Desmantelamiento de infraestructura existente Retiro del terraplén existente Cortes al terreno natural Excavaciones Acarreo de materiales Instalación de vía férrea (Durmientes y reíles) Construcción de obras complementarias (ODT´s, cunetas y contracunetas) Construcción de Pasos de fauna (estaciones, paraderos, base de mantenimiento) Operación de las Vías Mantenimiento de las instalaciones	**FAUNA (Hábitat faunístico (ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde)**	Fragmentación y perturbación de hábitat en ANP's (Barranca de los Ríos Santiago y Verde)	NAT: - | INT: 8 | EXT: 4 | SIN: 2 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 4 | ACU: 4 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 63 – SEVERO (NEGATIVO). El trazo de la infraestructura ferroviaria incide directamente sobre el Área Natural Protegida (ANP) de carácter estatal "Formación de Interés Estatal Barranca de los Ríos Santiago y Verde", ocupando una superficie de afectación de 12,716 m². Durante la etapa constructiva, las obras actuarán como una barrera física abrupta, interrumpiendo temporalmente el desplazamiento y las rutas de forrajeo de diversas especies silvestres. Sin embargo, el diseño del proyecto contempla la construcción de un puente de aproximadamente 400 metros de longitud para cruzar la barranca, estructura que, durante la etapa de operación, restituirá la permeabilidad del ecosistema al permitir el libre tránsito de la fauna por debajo del claro. La intensidad (8) se evalúa como alta, dado que el mantenimiento de la conectividad biológica y el flujo genético es fundamental para garantizar la viabilidad a largo plazo de las poblaciones silvestres al interior de un Área Natural Protegida. La extensión (4) se encuentra focalizada y restringida a la poligonal del derecho de vía y a los sitios puntuales donde se intersectan las rutas naturales de desplazamiento. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento de manifestación inmediato (4), el cual se detonará desde el inicio del desmonte y la cimentación de los apoyos del puente. La persistencia (4) refleja que la alteración espacial del hábitat permanecerá constante durante toda la vida útil del proyecto ferroviario.	Pérdida temporal de refugios, sitios de alimentación, reproducción y descanso; disminución de capacidad de carga del hábitat en el ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde	**P01 P08 P09 M06 M09 C06**

CONSULTA PÚBLICA



No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					Un factor de especial atención es la sinergia (2) y la acumulación (4). La interrupción del paisaje no es un evento aislado; esta obra incrementa el grado de fragmentación y estrés ecológico que ya sufre la Barranca de los Ríos Santiago y Verde debido a infraestructuras preexistentes (como el cruce de la autopista Guadalajara–Atlacomulco) y a la constante presión de actividades antropogénicas en la Región Ecológica. En términos de viabilidad a futuro, la recuperabilidad (8) del flujo biológico dependerá del éxito funcional del puente de 400 metros como macro-paso de fauna. De no garantizarse el mantenimiento de estas estructuras, la reversibilidad (4) del daño ecosistémico sería sumamente limitada. La evaluación de estos atributos determina una Importancia de 63 (IMP = 63), clasificándolo como un impacto severo negativo.		
22	Preparación del sitio y Construcción	Desmonte, movimiento de tierras, terraplenes, puentes, estaciones, señalización y presencia de nueva infraestructura.	**Fondo escénico y estético (Calidad escénica)**	Alteración de la calidad escénica por actividades constructivas y nueva infraestructura	NAT: - | INT: 6 | EXT: 4 | SIN: 1 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 1 | REC: 4 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 53 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción y operación del proyecto ferroviario modifican la percepción visual del paisaje mediante la incorporación de terraplenes, puentes, estaciones, señalización y demás infraestructura, así como por la remoción de vegetación durante la etapa constructiva. La intensidad (6) se considera media-alta debido a la transformación visible del paisaje. La extensión (4) se restringe al corredor ferroviario y a los sitios con mayor visibilidad de la infraestructura. La persistencia (4) refleja que los cambios permanecerán durante la vida útil del proyecto. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (8) desde el inicio de las obras. La sinergia (1) y la acumulación (1) son bajas, aunque la pérdida de vegetación incrementa el contraste visual de la infraestructura. La recuperabilidad (4) depende de la restauración paisajística y revegetación, mientras que la	Disminución de naturalidad, contraste cromático y continuidad visual; incorporación de elementos lineales y estructuras artificiales.	**P06 P08 M01 M09 C01 C02 C03 C04 C05**

CONSULTA PÚBLICA

No.	ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO	EFECTOS	TIPO DE MEDIDA
					reversibilidad (4) es limitada debido al carácter permanente de las obras. La combinación de atributos determina una Importancia (IMP = 53), clasificando este impacto como severo negativo, por lo que será necesario integrar criterios de diseño paisajístico y restauración vegetal que favorezcan la armonía visual del proyecto con su entorno.		
23	Preparación del sitio y Construcción	Remoción de vegetación y suelo, apertura del corredor, terraplenes y sustitución de superficies naturales por infraestructura.	**Fondo escénico y estético (Fragilidad paisajística)**	Fragilidad del paisaje por remoción de vegetación y suelo superficial	NAT: - | INT: 10 | EXT: 4 | SIN: 1 | PERS: 4 | EF: 4 | MOM: 8 | ACU: 1 | REC: 8 | REV: 4 | PER: 1 Importancia (IMP): 69 – SEVERO (NEGATIVO). La construcción del proyecto ferroviario modifica la estructura y composición del paisaje mediante la incorporación de infraestructura lineal, terraplenes, puentes, estaciones y obras auxiliares, incrementando la susceptibilidad del paisaje a sufrir alteraciones visuales y funcionales. La intensidad (6) se considera media-alta debido a la magnitud de las transformaciones físicas del territorio. La extensión (4) se concentra en el corredor ferroviario y en las zonas desde donde la infraestructura es visible. La persistencia (4) indica que el efecto permanecerá durante la vida útil del proyecto. El impacto presenta un efecto directo (4) y un momento inmediato (4) desde el desarrollo de las obras. La sinergia (2) favorece la disminución de la calidad escénica y la fragmentación del paisaje, mientras que la acumulación (4) refleja que los efectos pueden incrementarse con futuras obras de infraestructura en la región. La recuperabilidad (4) dependerá de la restauración paisajística y revegetación de áreas intervenidas, mientras que la reversibilidad (4) es limitada por el carácter permanente de la infraestructura. En conjunto, estos atributos generan una Importancia (IMP = 56), clasificándolo como un impacto severo negativo, por lo que deberán implementarse medidas de integración paisajística y restauración vegetal.	Mayor vulnerabilidad visual y menor capacidad de absorción paisajística por eliminación de vegetación y suelo.	**P08 C01 C02 C03 C04 C05**

***P= Prevención, M= Mitigación, C= Compensación, R= Restauración. Las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración se encuentran disponibles en el apartado IV.2.**

CONSULTA PÚBLICA



IV.1.5.1 Impactos ambientales positivos del proyecto

Si bien la evaluación de impacto ambiental se orienta principalmente a identificar, prevenir y mitigar los efectos adversos derivados del desarrollo del proyecto sobre los componentes físico, biótico y socioeconómico del medio ambiente, la implementación del **Proyecto Ferroviario "Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara"** también generará una serie de impactos ambientales positivos, principalmente asociados al fortalecimiento del desarrollo socioeconómico regional, la mejora de la movilidad, la reducción potencial de emisiones atmosféricas y la conservación del patrimonio cultural.

Estos beneficios se manifestarán de forma gradual desde la etapa de preparación del sitio, consolidándose durante la construcción y, especialmente, durante la operación y mantenimiento del sistema ferroviario. En términos generales, los impactos positivos identificados presentan una importancia baja a moderada de acuerdo con la metodología de evaluación empleada; sin embargo, representan beneficios relevantes para la población y para el desarrollo territorial de la región de influencia del proyecto.

Es importante señalar que diversos beneficios identificados, particularmente aquellos relacionados con el crecimiento económico regional, la generación de empleo, la movilidad de la población y el desarrollo social, dependen de múltiples variables económicas, institucionales y de política pública que exceden el alcance del presente estudio. En consecuencia, su cuantificación y seguimiento corresponden principalmente a las autoridades competentes en materia de desarrollo económico, movilidad, planeación territorial y estadística. No obstante, dichos impactos fueron incorporados dentro de la matriz de identificación y evaluación ambiental con el propósito de reconocer integralmente tanto los efectos adversos como los efectos benéficos derivados del proyecto, conforme a los principios de la evaluación de impacto ambiental. A continuación, se describen los principales impactos positivos identificados.

➤ **Disminución de emisiones de GYCEI y partículas suspendidas** (7)

Durante la etapa de operación, el sistema ferroviario eléctrico favorecerá la sustitución parcial de viajes realizados en vehículos particulares y autobuses por un medio de transporte de mayor eficiencia energética, contribuyendo a disminuir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI), así como de partículas suspendidas por pasajero-kilómetro transportado.

Este impacto obtuvo una **Importancia de** 54, clasificándose como **Severo (Positivo)**.

La **intensidad** (5) se considera media debido a que la reducción de emisiones dependerá del nivel de transferencia modal hacia el sistema ferroviario. La **extensión** (4) comprende el corredor ferroviario y las rutas donde disminuya el uso del transporte carretero. Presenta un **efecto directo** (4) y un **momento de manifestación a mediano plazo** (8), ya que los beneficios se observarán una vez iniciado el servicio ferroviario. La **persistencia** (4) indica que la disminución de emisiones permanecerá durante toda la operación del proyecto, mientras que la **sinergia** (1) y la **acumulación** (1) reflejan que este beneficio ambiental se incrementará conforme aumente la demanda del servicio. La **recuperabilidad** (8) y la **reversibilidad** (4)

CONSULTA PÚBLICA





evidencian que la permanencia de este beneficio dependerá del funcionamiento continuo y eficiente del sistema ferroviario eléctrico, el cual constituye una alternativa de movilidad con menores emisiones respecto al transporte carretero convencional.

➤ **Desarrollo y habilitación de empleos nuevos** (24)

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, el proyecto ferroviario demandará personal técnico, administrativo, operativo y especializado para la ejecución de las distintas actividades constructivas y para el funcionamiento permanente de la infraestructura. De manera complementaria, la adquisición de materiales, insumos, maquinaria y servicios especializados favorecerá la contratación indirecta de bienes y servicios dentro del área de influencia.

> Este impacto obtuvo una **Importancia de** 38, clasificándose como **Moderado (Positivo)** conforme a la metodología de Conesa Fernández-Vítora.

La **intensidad** (3) se considera media debido a que la generación de empleos se concentra principalmente durante la ejecución de las obras y, posteriormente, en las actividades permanentes de operación y mantenimiento. Su **extensión** (4) es regional, ya que los beneficios económicos podrán distribuirse entre diversos municipios del corredor ferroviario. Presenta un **efecto directo** (4) y un **momento inmediato** (4), debido a que la contratación de personal inicia desde las primeras actividades constructivas. La **persistencia** (4) indica que parte de los beneficios permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, mientras que la **sinergia** (1) y la **acumulación** (1) reflejan que los efectos positivos se generan de manera independiente y progresiva. Finalmente, la **recuperabilidad** (4) y la **reversibilidad** (2) muestran que los beneficios pueden mantenerse mientras continúe la operación del sistema ferroviario.

➤ **Incremento del nivel socioeconómico regional** (25)

La inversión asociada al proyecto ferroviario promoverá una mayor demanda de bienes, servicios, insumos, transporte, hospedaje, alimentación y actividades comerciales, favoreciendo la dinamización de la economía regional y fortaleciendo las cadenas productivas de los municipios que conforman el área de influencia.

> Este impacto obtuvo una **Importancia de** 38, clasificándose como **Moderado (Positivo)**.

La **intensidad** (3) se considera media debido a que el incremento económico se desarrollará gradualmente conforme avance la construcción y se consolide la operación ferroviaria. La **extensión** (2) corresponde a un ámbito parcialmente regional, concentrándose principalmente en las localidades directamente vinculadas con el corredor ferroviario. El impacto presenta un **efecto directo** (4) y un **momento de manifestación a mediano plazo** (8), ya que los principales beneficios económicos se consolidarán durante la operación del sistema. La **persistencia** (4) refleja que estos beneficios podrán mantenerse durante la vida útil del proyecto, mientras que la **sinergia** (1) y la **acumulación** (1) indican que contribuirán progresivamente al fortalecimiento de las actividades productivas regionales. Asimismo, la

CONSULTA PÚBLICA





recuperabilidad (4) y la **reversibilidad** (2) evidencian que dichos beneficios dependen de la continuidad de la operación ferroviaria y de las condiciones económicas regionales.

➤ **Conectividad y mejora del transporte público** (26)

La puesta en operación del Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara permitirá fortalecer la movilidad regional mediante un sistema ferroviario de alta capacidad, reduciendo tiempos de traslado, incrementando la accesibilidad entre centros urbanos y ofreciendo una alternativa eficiente de transporte público para la población.

Este impacto presenta una **Importancia de** 24, clasificándose como **Bajo (Positivo)**.

La **intensidad** (2) se considera baja debido a que los beneficios dependerán de la incorporación gradual de usuarios al sistema ferroviario. Su **extensión** (1) es puntual dentro del corredor ferroviario y de las localidades conectadas directamente con las estaciones. El impacto presenta un **efecto indirecto** (1) sobre el desarrollo regional y un **momento de manifestación a corto plazo** (2), ya que los beneficios comenzarán una vez iniciado el servicio ferroviario. La **persistencia** (4) indica que estos efectos permanecerán durante la operación del proyecto, mientras que la **sinergia** (1) y la **acumulación** (1) reflejan que la mejora en la movilidad favorecerá progresivamente otros sectores económicos y sociales. Finalmente, la **recuperabilidad** (4) y la **reversibilidad** (2) muestran que dichos beneficios dependen de mantener la continuidad y eficiencia del servicio ferroviario.

➤ **Desarrollo y participación de las comunidades indígenas** (27)

Cuando existan comunidades indígenas dentro del área de influencia, el proyecto podrá favorecer su participación mediante la contratación de mano de obra local, la adquisición de bienes y servicios, así como el fortalecimiento de mecanismos de consulta y participación social establecidos en la legislación aplicable.

Este impacto obtuvo una **Importancia de** 33, clasificándose como **Moderado (Positivo)**.

La **intensidad** (3) se considera media debido a que los beneficios dependerán del grado de participación efectiva de las comunidades durante las distintas etapas del proyecto. La **extensión** (4) comprende aquellas localidades indígenas localizadas dentro del área de influencia. El impacto presenta un **efecto indirecto** (1) y un **momento de manifestación a corto plazo** (2) conforme se implementen los mecanismos de participación social y contratación local. La **persistencia** (4) indica que estos beneficios podrán mantenerse durante la operación del proyecto, mientras que la **sinergia** (1) y la **acumulación** (1) muestran que los efectos positivos se fortalecerán mediante el acceso a oportunidades económicas y sociales. La **recuperabilidad** (4) y la **reversibilidad** (2) reflejan que dichos beneficios dependerán de la continuidad de las acciones de vinculación social desarrolladas por el promovente.

➤ **Descubrimiento y conservación de bienes arqueológicos** (28)

Durante las actividades de excavación y movimiento de tierras existe la posibilidad de localizar vestigios arqueológicos o históricos previamente no registrados. Cuando ello ocurra, el desarrollo de trabajos de salvamento arqueológico bajo la supervisión del Instituto Nacional

CONSULTA PÚBLICA



de Antropología e Historia (INAH) permitirá su identificación, registro, conservación y eventual incorporación al patrimonio cultural de la Nación.

Este impacto obtuvo una **Importancia de** 35, clasificándose como **Moderado** (**Positivo**).

La **intensidad** (2) se considera baja debido a que su ocurrencia depende de la presencia fortuita de vestigios arqueológicos dentro del área del proyecto. La **extensión** (1) se limita a los sitios donde se realicen excavaciones y se localicen evidencias culturales. Presenta un **efecto directo** (4) y un **momento inmediato** (4) durante los trabajos de movimiento de tierras. La **persistencia** (4) indica que el conocimiento generado permanecerá de forma permanente como parte del patrimonio nacional. La **sinergia** (1) y la **acumulación** (1) son bajas debido a la naturaleza puntual de estos hallazgos. Finalmente, la **recuperabilidad** (8) representa la posibilidad de rescatar y preservar científicamente bienes culturales que, sin la intervención arqueológica correspondiente, podrían deteriorarse o permanecer sin documentar, mientras que la **reversibilidad** (4) refleja el carácter permanente de los beneficios derivados de su conservación.

IV.1.6 Impactos Residuales

Los impactos residuales corresponden a las alteraciones que permanecen en el ambiente después de aplicar las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación técnica y ambientalmente viables. De conformidad con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, un impacto ambiental residual es aquel que persiste después de la aplicación de las medidas de mitigación. Por tanto, su identificación permite reconocer el efecto remanente atribuible al proyecto y valorar si su magnitud, extensión y permanencia resultan compatibles con la capacidad de carga y funcionalidad de la Región Ecológica (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014; Conesa Fernández-Vítora, 2010).

Para el proyecto **"Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara"**, la aplicación de las medidas ambientales propuestas permitirá prevenir o reducir una proporción importante de los efectos identificados durante la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Entre estas medidas se encuentran la delimitación de las superficies de trabajo, el rescate y reubicación de flora y fauna, la conservación y reincorporación del suelo fértil, la estabilización y revegetación de taludes, la construcción y mantenimiento de obras de drenaje, la instalación de pasos de fauna, el manejo integral de residuos, la prevención y atención de derrames, así como la supervisión y el monitoreo ambiental. No obstante, algunos impactos no podrán eliminarse completamente, debido principalmente al carácter lineal y permanente de la infraestructura ferroviaria, la conformación de terraplenes y cortes, la ocupación definitiva de superficies, la modificación de los escurrimientos, la pérdida de vegetación dentro de la del proyecto y la presencia física de la vía, estaciones y obras auxiliares. La matriz de evaluación identifica como impactos de mayor persistencia y limitada reversibilidad la alteración de la topoforma; la modificación del suelo; la disminución de la infiltración; la pérdida y fragmentación de la cobertura vegetal; la afectación del hábitat y de la conectividad faunística; y la transformación de la calidad y fragilidad paisajística.

En consecuencia, los principales impactos residuales previstos para el proyecto son los siguientes:

CONSULTA PÚBLICA



- **Geoformas**

a) Alteración permanente de la topoforma

La construcción del proyecto ferroviario requiere la ejecución de desmontes, despalmes, cortes, excavaciones, rellenos, nivelaciones y conformación de terraplenes para establecer la vía férrea, las estaciones, las obras de drenaje, los cruces y demás componentes asociados. Estas actividades modificarán la configuración natural del relieve y producirán una nueva morfología de origen antrópico a lo largo de los segmentos intervenidos. Las medidas de mitigación, como la optimización del balance entre cortes y rellenos, la reducción de las superficies de afectación, la estabilización de taludes, la instalación de obras para el control de erosión y la revegetación de superficies expuestas, permitirán disminuir la inestabilidad del terreno y evitar procesos de degradación posteriores. Sin embargo, dichas medidas no podrán restituir la configuración topográfica original en las áreas ocupadas permanentemente por la infraestructura.

Por esta razón, persistirá como impacto residual la modificación del relieve y microrelieve dentro de la huella ferroviaria. Esta alteración permanecerá durante la vida útil del proyecto y condicionará localmente la dirección de los escurrimientos, la distribución de pendientes y los procesos de transporte y depósito de sedimentos. Su alcance será principalmente local y estará concentrado en los sitios donde se requieran cortes, terraplenes, accesos, estaciones y obras estructurales. La transformación del relieve constituye, por tanto, un impacto residual inherente a la construcción de la infraestructura ferroviaria. No obstante, la estabilización geotécnica, el mantenimiento de los sistemas de drenaje y la revegetación permitirán conservar la estabilidad física de las nuevas geoformas y evitar que el efecto residual desencadene procesos adicionales de erosión o inestabilidad.

- **Edafología**

b) Pérdida y modificación permanente del suelo dentro de la huella de ocupación

El desmonte, despalme, movimiento de tierras, tránsito de maquinaria, compactación y construcción de terraplenes ocasionarán la remoción o modificación del horizonte superficial del suelo. En las superficies de ocupación temporal, la conservación del material edáfico, su reincorporación posterior, la escarificación y la revegetación permitirán recuperar parcialmente sus propiedades físicas y biológicas. Sin embargo, en las áreas ocupadas permanentemente por la vía férrea, estaciones, estructuras, terraplenes y obras auxiliares no será posible restablecer completamente la condición original del suelo. En estos sitios permanecerá una reducción de la porosidad, permeabilidad, capacidad de infiltración y actividad biológica, así como una pérdida de la función del horizonte superficial como soporte de la vegetación. Aun cuando se implementen medidas de rescate del suelo fértil, no todo el volumen retirado podrá reincorporarse en su ubicación original debido a la ocupación definitiva de las superficies

El impacto residual se expresará, por tanto, como una pérdida o transformación permanente del recurso edáfico dentro de la huella del proyecto. Este efecto será espacialmente limitado, pero irreversible mientras permanezca la infraestructura. En las áreas adyacentes y de uso temporal, las medidas de conservación y restauración permitirán reducir de manera sustancial la erosión, compactación y pérdida de fertilidad. Los riesgos de contaminación por combustibles, lubricantes y residuos no se consideran necesariamente

CONSULTA PÚBLICA





impactos residuales inherentes, debido a que pueden prevenirse mediante almacenamiento adecuado, mantenimiento de maquinaria, contención secundaria, manejo integral de residuos y protocolos de atención de derrames. Solamente en caso de ocurrir un evento contaminante cuya remediación no logre restituir completamente las condiciones del suelo podría generarse un efecto residual adicional.

- **Hidrología**

c) Modificación de los patrones de escurrimiento superficial

La construcción de cortes, rellenos, terraplenes y cruces hidráulicos modificará parcialmente la configuración de las superficies por las que circula el agua de lluvia. Las obras de drenaje transversal y longitudinal permitirán mantener la continuidad hidráulica, conducir los escurrimientos y disminuir la formación de encharcamientos, erosión o inundaciones locales. Sin embargo, la distribución natural de los flujos no podrá conservarse de manera idéntica en todos los sitios intervenidos. El efecto residual consistirá en cambios localizados en la dirección, velocidad y concentración de los escurrimientos superficiales, particularmente en los puntos donde los terraplenes intercepten pendientes naturales o donde el agua sea conducida hacia alcantarillas, cunetas, contracunetas y otras estructuras. Estos cambios podrán modificar los tiempos de concentración y generar zonas puntuales de descarga con mayor energía hidráulica.

La permanencia del impacto estará asociada a la existencia de la infraestructura ferroviaria. No obstante, su magnitud podrá mantenerse en niveles ambientalmente aceptables mediante el diseño hidráulico adecuado de las obras, la protección de entradas y salidas, la disipación de energía, el mantenimiento periódico y la remoción de sedimentos u obstrucciones. En consecuencia, el impacto residual no implica necesariamente la interrupción generalizada del drenaje regional, sino una reorganización local de los escurrimientos dentro de la franja de ocupación. La funcionalidad hidrológica dependerá de que las obras de drenaje sean dimensionadas conforme a las características de las cuencas y permanezcan operativas durante toda la vida útil del proyecto.

d) Disminución localizada de la infiltración y recarga

La compactación del suelo y la ocupación permanente de superficies por terraplenes, estaciones, accesos y demás componentes del proyecto reducirán la permeabilidad y la capacidad natural de infiltración dentro de la huella de desplante. Aunque la vía ferroviaria no constituye en toda su longitud una superficie completamente impermeable, la compactación de materiales y la presencia de estructuras modificarán el proceso de ingreso del agua al subsuelo. Las medidas de mitigación, incluyendo la restricción del tránsito de maquinaria, la descompactación de áreas temporales, la revegetación, el mantenimiento de superficies permeables y la incorporación de obras para la conducción e infiltración del agua, permitirán recuperar parcialmente la función hidrológica. Sin embargo, la infiltración previa al proyecto no podrá restablecerse en las superficies ocupadas de forma definitiva.

El impacto residual se manifestará como una disminución localizada de la infiltración y un incremento relativo del escurrimiento superficial. La magnitud de este efecto dependerá de la superficie total de ocupación permanente, las características de permeabilidad del suelo, la precipitación, la pendiente y la profundidad del acuífero. Considerando el carácter lineal de

CONSULTA PÚBLICA





la infraestructura y la aplicación de medidas para mantener la continuidad de los flujos, se prevé que el efecto se concentre en la huella del proyecto y no produzca, por sí solo, una modificación significativa de la recarga a escala regional. No obstante, deberá verificarse mediante la supervisión del funcionamiento de las obras hidráulicas y la rehabilitación de todas las superficies de ocupación temporal.

- **Biodiversidad (Vegetación y flora silvestre)**

e) Pérdida permanente de cobertura vegetal

La preparación del sitio requerirá la remoción de vegetación de 121.5863 ha dentro de las superficies necesarias para la vía férrea, los terraplenes, estaciones, estructuras y obras auxiliares. El rescate y reubicación de ejemplares, la recuperación de germoplasma, la revegetación de superficies temporales y la restauración o compensación en sitios seleccionados permitirán reducir la pérdida neta de individuos y recuperar parcialmente las funciones ecológicas afectadas. Sin embargo, la vegetación existente dentro de las superficies de ocupación permanente no podrá establecerse nuevamente en su ubicación original. En consecuencia, persistirá una disminución definitiva de la cobertura vegetal dentro de la huella del proyecto, acompañada por la pérdida localizada de funciones como la protección del suelo, la regulación microclimática, la retención de humedad, la captura de carbono, la producción de materia orgánica y la provisión de refugio y alimento para la fauna.

La pérdida de hábitat, entendida como la reducción de la cantidad total de superficie disponible para las especies, puede ocasionar efectos negativos sobre la biodiversidad y sobre la viabilidad de las poblaciones asociadas, aun cuando las medidas de restauración reduzcan parcialmente la fragmentación (Fahrig, 2003). El impacto residual tendrá un alcance predominantemente local, pero adquirirá mayor relevancia en los tramos donde se afecten comunidades vegetales con mayor grado de conservación, especies de distribución restringida o ejemplares incluidos en instrumentos de protección. La aplicación de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de su listado actualizado deberá orientar las acciones específicas de identificación, rescate, reubicación y seguimiento de las especies en riesgo que puedan presentarse en las áreas de afectación.

f) Alteración residual de las interacciones y de la sucesión ecológica

La eliminación de vegetación y el mantenimiento periódico del derecho de vía modificarán las condiciones bajo las cuales ocurren la regeneración natural, competencia, polinización, dispersión de semillas y establecimiento de nuevos individuos. La revegetación y restauración con especies nativas contribuirán a recuperar parte de estos procesos en las superficies temporalmente intervenidas; no obstante, la presencia permanente de la infraestructura limitará el restablecimiento completo de la trayectoria sucesional original. En los bordes del corredor podrán persistir cambios en la disponibilidad de luz, humedad, temperatura y exposición al viento, así como una mayor susceptibilidad al establecimiento de especies oportunistas o exóticas. Estos cambios pueden alterar la composición florística y las relaciones entre las especies, principalmente en fragmentos pequeños o estrechos de vegetación.

El efecto residual se concentrará en la franja de ocupación y en sus bordes inmediatos. Su magnitud podrá disminuir mediante el control de especies invasoras, la utilización de

CONSULTA PÚBLICA





especies nativas en las acciones de revegetación, la conservación de la vegetación que no requiera ser removida y el monitoreo de la supervivencia y regeneración en los sitios restaurados.

- **Biodiversidad (Fauna silvestre)**

g) Pérdida y modificación permanente del hábitat y microhábitat

La remoción de vegetación, la conformación de terraplenes, la instalación de cercamientos y la construcción de estaciones y estructuras reducirán la disponibilidad de sitios de alimentación, reproducción, descanso y refugio para la fauna silvestre. Los programas de rescate y reubicación permitirán disminuir la mortalidad directa durante las obras, mientras que la restauración vegetal favorecerá la recuperación de hábitats en áreas temporales; sin embargo, estas acciones no restituirán completamente los hábitats eliminados dentro de las superficies de ocupación permanente. El impacto residual consistirá en la pérdida localizada de hábitat y en la modificación de las condiciones ambientales en los bordes del corredor. Algunas especies generalistas podrán utilizar áreas adyacentes o adaptarse a la nueva configuración, mientras que las especies con menor capacidad de desplazamiento, requerimientos especializados o sensibilidad a la perturbación podrán experimentar una reducción más persistente de los recursos disponibles.

Los efectos de las infraestructuras lineales sobre la fauna no se restringen a la superficie directamente ocupada, pues también pueden incluir ruido, iluminación, vibraciones, mortalidad por colisión y cambios en los patrones de movimiento. Las redes de transporte pueden interrumpir flujos ecológicos y modificar la estructura espacial del paisaje, generando efectos que se extienden hacia los hábitats adyacentes (Forman & Alexander, 1998).

Por lo anterior, el monitoreo de fauna deberá mantenerse durante la operación, especialmente en sitios con registros de especies protegidas, rutas de desplazamiento, cuerpos de agua y remanentes de vegetación con importancia para la conservación.

h) Alteración de la conectividad ecológica y efecto barrera

La vía férrea, los terraplenes, cercamientos, estaciones y estructuras asociadas constituirán elementos permanentes dentro del paisaje. Aunque los pasos de fauna, obras de drenaje adaptadas, viaductos y otros cruces podrán mantener parte de la movilidad de los organismos, la conectividad existente antes del proyecto no podrá restablecerse completamente.

El efecto residual se manifestará como una resistencia adicional al movimiento de la fauna entre fragmentos de hábitat. Para algunas especies, la infraestructura podrá generar cambios en las rutas de desplazamiento, mayor gasto energético, concentración del cruce en determinados puntos y un riesgo de mortalidad por colisión o atropellamiento. A largo plazo, la reducción de la conectividad puede limitar el intercambio de individuos y, en casos de aislamiento persistente, afectar el flujo genético entre poblaciones.

La fragmentación debe analizarse juntamente con la pérdida total del hábitat, pues ambos procesos pueden modificar la riqueza, abundancia y distribución de las especies (Fahrig, 2003). Asimismo, la infraestructura de transporte puede interrumpir movimientos ecológicos

CONSULTA PÚBLICA





horizontales y modificar el funcionamiento del paisaje, por lo que la ubicación, dimensiones y mantenimiento de los pasos de fauna resultan determinantes para reducir el efecto barrera (Forman & Alexander, 1998). La aplicación de medidas de conectividad permitirá disminuir la magnitud del impacto, pero permanecerá una fragmentación funcional residual durante la vida útil del proyecto. Por ello, la eficacia de los pasos de fauna deberá verificarse mediante cámaras trampa, búsqueda de rastros, registro de mortalidad y mantenimiento periódico de las estructuras.

i) Perturbación periódica de fauna durante la operación

A diferencia del ruido y la presencia humana asociados exclusivamente con la construcción, que disminuirán al concluir las obras, la circulación de los trenes producirá emisiones sonoras, vibraciones, iluminación y movimiento de manera periódica durante la operación. Estas perturbaciones podrán inducir respuestas de alerta, desplazamiento o evitación en individuos localizados cerca de la vía.

Las medidas de mantenimiento del equipo, control de iluminación, restricción de actividades nocturnas innecesarias y establecimiento de barreras o zonas de amortiguamiento podrán reducir el área y la intensidad de afectación. Sin embargo, no será posible eliminar completamente la perturbación asociada al paso de los trenes.

Por esta razón, se considera que permanecerá un efecto residual de carácter intermitente y localizado sobre la fauna. Su relevancia dependerá de la frecuencia de operación, velocidad de los trenes, condiciones del hábitat, sensibilidad de las especies y proximidad de sitios de reproducción o refugio. El seguimiento ambiental permitirá determinar si se presentan cambios persistentes en la utilización del hábitat y, en su caso, ajustar las medidas de manejo.

- **Paisaje**

j) Modificación permanente de la calidad escénica

La incorporación de la vía férrea, terraplenes, puentes, pasos elevados, estaciones, sistemas de electrificación, señalización, iluminación y obras auxiliares transformará la estructura visual del territorio. Durante la construcción, la presencia de maquinaria, materiales, excavaciones y superficies expuestas ocasionará alteraciones temporales; no obstante, una vez concluidas las obras permanecerán los elementos físicos del sistema ferroviario. La revegetación, el tratamiento paisajístico, la recuperación de áreas temporales y la integración cromática y formal de las estructuras contribuirán a reducir el contraste visual. Sin embargo, no será posible recuperar completamente la condición escénica previa en los sitios donde la infraestructura modifique de forma permanente la composición, escala, textura y continuidad del paisaje.

El impacto residual consistirá en una pérdida localizada de naturalidad y en la incorporación de elementos lineales y verticales de origen antrópico. Su percepción variará en función de la topografía, la cobertura vegetal, la distancia de observación, la presencia de asentamientos y la existencia previa de carreteras, líneas eléctricas, zonas urbanas o infraestructura productiva. Este cambio se integrará a la tendencia de transformación territorial existente en la Región Ecológica. No obstante, la utilización de criterios de

CONSULTA PÚBLICA



integración paisajística, la conservación de barreras vegetales y la restauración de superficies temporales permitirán disminuir su visibilidad y evitar una degradación mayor del entorno.

k) Incremento residual de la fragilidad paisajística

La remoción de vegetación y suelo superficial reducirá localmente la capacidad del paisaje para absorber nuevas transformaciones. Las áreas con mayor exposición visual, pendientes pronunciadas, vegetación conservada o escasa presencia previa de infraestructura serán más sensibles a la incorporación del proyecto ferroviario. Aunque las acciones de revegetación y restauración contribuirán a recuperar parte de la capacidad de absorción visual, la apertura del corredor y la permanencia de la infraestructura mantendrán un nivel de fragilidad superior al existente antes del proyecto. Este efecto será especialmente perceptible en cruces elevados, terraplenes, estaciones y tramos visibles desde localidades, carreteras o puntos de observación frecuente.

El impacto residual se relaciona directamente con la permanencia de los elementos ferroviarios y con la pérdida de continuidad de la cobertura vegetal. Por ello, deberá favorecerse la conservación de vegetación en los límites del derecho de vía, la recuperación de taludes y superficies desnudas, y el mantenimiento de las áreas revegetadas durante la operación.

IV.1.6.1 Integración y valoración de los impactos residuales

En conjunto, los impactos residuales del proyecto **"Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara"** estarán asociados principalmente con la ocupación permanente del territorio y con la transformación física necesaria para establecer y operar la infraestructura ferroviaria. Los efectos remanentes más relevantes corresponden a la modificación de la topoforma; pérdida y compactación del suelo; disminución localizada de la infiltración; reorganización de los escurrimientos; pérdida de cobertura vegetal; modificación de procesos ecológicos; reducción y fragmentación del hábitat; alteración de la conectividad faunística; perturbación periódica de la fauna; y transformación permanente del paisaje.

Por otra parte, los impactos relacionados con las emisiones de partículas y gases durante la construcción, la generación temporal de ruido, el manejo de residuos, los derrames accidentales y el arrastre de sedimentos podrán prevenirse, controlarse o corregirse mediante buenas prácticas de obra, mantenimiento, contención, atención de emergencias y supervisión ambiental. Por ello, no se consideran necesariamente residuales, salvo que se presenten eventos extraordinarios cuya remediación no permita recuperar completamente las condiciones ambientales.

La permanencia de un impacto residual no implica por sí misma la inviabilidad ambiental del proyecto. Su aceptabilidad depende de la superficie afectada, sensibilidad de los componentes ambientales, eficacia de las medidas de mitigación, existencia de alternativas técnicas, magnitud del efecto remanente y mantenimiento de la funcionalidad ecológica regional. La LGEEPA establece como objetivos la preservación, restauración y mejoramiento del ambiente, así como la compatibilidad entre el aprovechamiento de los recursos y la

CONSULTA PÚBLICA



protección de los ecosistemas, principios que deberán orientar la ejecución y seguimiento del proyecto.

Considerando el carácter lineal del proyecto, la concentración de las obras en el derecho de vía, la rehabilitación de las áreas de ocupación temporal y la implementación de programas de rescate, restauración, control de erosión, manejo de escurrimientos, conectividad faunística y vigilancia ambiental, se prevé que los impactos residuales mantengan un alcance predominantemente local. Sin embargo, esta conclusión estará condicionada a que todas las medidas sean ejecutadas de manera oportuna, verificable y durante el tiempo necesario para demostrar su efectividad.

En este sentido, el Programa de Vigilancia Ambiental deberá incorporar indicadores específicos para comprobar la estabilidad de taludes, recuperación del suelo y de la vegetación, funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje, supervivencia de la flora reubicada, utilización de pasos de fauna, mortalidad de fauna, control de especies invasoras y evolución de las superficies restauradas. Cuando los resultados indiquen que las medidas no alcanzan los objetivos establecidos, deberán aplicarse acciones correctivas o adaptativas adicionales.

Bajo estas condiciones, los impactos residuales identificados se consideran ambientalmente manejables y compatibles con la ejecución del proyecto, debido a que no se prevé que comprometan por sí solos la integridad y continuidad de los procesos ecológicos de la Región Ecológica. Esta determinación deberá confirmarse durante la construcción y operación mediante la supervisión ambiental, el monitoreo de indicadores y el cumplimiento de los términos y condicionantes que establezca la autoridad competente.

IV.1.7 Impactos Acumulativos

Los impactos acumulativos corresponden a las alteraciones ambientales que resultan de la suma, interacción o superposición temporal y espacial de los efectos generados por el proyecto con aquellos producidos por actividades pasadas, presentes o razonablemente previsibles dentro de la Región Ecológica. A diferencia de los impactos directos, cuya relación causa-efecto puede asociarse de manera inmediata con una obra o actividad determinada, los impactos acumulativos se manifiestan mediante el incremento progresivo de presiones ambientales que, aunque individualmente pudieran presentar una magnitud limitada, en conjunto pueden reducir la capacidad de recuperación de los ecosistemas y modificar su estructura y funcionamiento (Canter, 1996; Conesa Fernández-Vítora, 2010).

En el caso del **"Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara"**, los impactos acumulativos se relacionan principalmente con su incorporación a un territorio que presenta distintos grados de transformación por actividades agropecuarias, asentamientos humanos, vialidades, infraestructura ferroviaria existente, líneas de transmisión, actividades industriales, extracción de materiales y expansión urbana. En este contexto, la construcción y operación del proyecto representa una presión adicional sobre los componentes edafológicos, hidrológicos, biológicos y paisajísticos de la Región Ecológica, particularmente en aquellos tramos donde la cobertura natural se encuentra fragmentada o donde confluyen diferentes tipos de infraestructura.

CONSULTA PÚBLICA





Los impactos con mayor potencial acumulativo identificados en la matriz corresponden a la contaminación, erosión, compactación y sellamiento del suelo; el incremento temporal de emisiones atmosféricas; la modificación de los escurrimientos y de la infiltración; la pérdida y fragmentación de la cobertura vegetal; la alteración de las interacciones ecológicas; la reducción del hábitat y de la conectividad faunística; así como la transformación progresiva de la calidad y fragilidad del paisaje.

- **Edafología**

a) Degradación acumulativa de las características físicas y químicas del suelo

La degradación del suelo en el área del proyecto no es un evento aislado, sino un impacto acumulativo y sinérgico. Las alteraciones provocadas por la construcción, operación y mantenimiento del proyecto actúan sobre un recurso edáfico que ya ha sido severamente vulnerado por factores históricos y regionales, magnificando las consecuencias.

Las actividades de obra (desmonte, despalme, cortes, excavaciones, conformación de terraplenes y tránsito continuo de maquinaria pesada) no ocurren sobre un suelo prístino, sino que se suman a modificaciones previas generadas por la agricultura intensiva, la ganadería, y el desarrollo de asentamientos e infraestructura.

El desarrollo agrícola e inmobiliario ya ha disminuido la porosidad del suelo. El nuevo sellamiento por asfalto, concreto o compactación mecánica interrumpe definitivamente el intercambio de gases con la atmósfera (afectando el ciclo del carbono) y anula la capacidad de infiltración de agua.

Al remover la cobertura vegetal restante, la erosión hídrica y eólica se activa y se magnifica. Debido a la pérdida histórica de materia orgánica y estabilidad estructural, las superficies expuestas a la lluvia y el viento generan escurrimientos más severos que afectan áreas adyacentes (Brady & Weil, 2017; FAO, 2015; Morgan, 2005).

Por otra parte, el riesgo inherente del proyecto por posibles derrames de combustibles, lubricantes, solventes y otros residuos de construcción cobra una dimensión crítica al interactuar con la contaminación preexistente. La interacción con el pasivo de Química Central de México, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato, donde existe el almacenamiento histórico de 300,000 toneladas de residuos peligrosos de esta empresa. La alteración de los escurrimientos naturales o la introducción de nuevos solventes por el proyecto podrían actuar como vehículos de lixiviación, facilitando la movilización de estos contaminantes heredados (como metales pesados) hacia nuevas áreas o mantos freáticos.

Los nuevos aportes de hidrocarburos de la maquinaria se suman a la carga de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) ya presentes en el perfil del suelo, lo que puede generar reacciones químicas que alteren drásticamente el pH, la salinidad y la toxicidad general del sustrato.

Como resultado de la suma de esta degradación física y química, las superficies afectadas experimentarán una pérdida acelerada de su actividad biológica (microbiota edáfica). Esta pérdida gradual de propiedades impide que el suelo cumpla funciones fundamentales como el soporte de vegetación, el reciclaje de nutrientes y la regulación del ciclo hidrológico.

CONSULTA PÚBLICA





Aunque el proyecto contempla medidas de mitigación (recuperación y conservación de suelo fértil, estabilización de taludes, revegetación, control de escurrimientos y atención inmediata de derrames), la ocupación permanente del terreno representa una contribución adicional e irreversible a la transformación del recurso edáfico a nivel regional. El efecto acumulativo será crítico y de mayor magnitud en los tramos donde los suelos previamente erosionados, contaminados o compactados ya han agotado su capacidad natural de recuperación.

b) Incremento acumulativo de los procesos erosivos

La remoción del horizonte superficial y de la cobertura vegetal incrementará temporalmente la exposición del suelo a procesos erosivos. Este impacto puede interactuar con la erosión existente en terrenos agrícolas, taludes carreteros, caminos de terracería, bancos de materiales y superficies degradadas presentes dentro de la Región Ecológica.

Durante eventos de precipitación, las superficies intervenidas pueden generar un mayor arrastre de partículas hacia las partes bajas, cauces y obras de drenaje. Asimismo, en periodos secos, el tránsito de maquinaria y la presencia de materiales sueltos pueden favorecer la erosión eólica y la dispersión de partículas. La suma de estas fuentes puede incrementar gradualmente la pérdida de suelo fértil, la sedimentación de cauces y la disminución de la productividad edáfica. La importancia del efecto acumulativo dependerá de la pendiente, textura del suelo, intensidad de la precipitación, duración de la exposición y eficacia de las medidas de control.

La revegetación inmediata, el manejo adecuado de materiales, la protección de taludes y la instalación de obras para disipar la energía del agua permitirán reducir la contribución del proyecto. Sin embargo, será necesario evitar que las superficies desnudas permanezcan expuestas durante periodos prolongados, especialmente durante la temporada de lluvias.

- **Atmósfera**

c) Incremento acumulativo de partículas suspendidas y gases de combustión durante la construcción

Durante la preparación del sitio y construcción se producirán emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros productos de combustión derivados del movimiento de tierras, operación de maquinaria, tránsito de vehículos y acarreo de materiales.

Estas emisiones tendrán un carácter predominantemente temporal y se concentrarán en los frentes activos de obra; sin embargo, pueden sumarse a las emisiones generadas por carreteras, zonas urbanas, actividades agrícolas, industrias, bancos de materiales y otros proyectos de infraestructura existentes o previstos en el corredor Irapuato–Guadalajara. El efecto acumulativo sobre la calidad del aire será más perceptible en localidades cercanas a los frentes de trabajo, cruces carreteros, estaciones y zonas donde coincidan varias fuentes emisoras. La exposición a concentraciones elevadas de partículas finas se relaciona con efectos adversos sobre la salud, por lo que resulta indispensable mantener medidas estrictas de control de polvo y emisiones (World Health Organization, 2021).

CONSULTA PÚBLICA





La contribución del proyecto podrá reducirse mediante el riego de caminos, cobertura de materiales, limitación de velocidades, mantenimiento preventivo de maquinaria, verificación de emisiones y prohibición de quemas. Debido al carácter temporal de la construcción, se prevé que el efecto acumulativo disminuya considerablemente una vez concluidos los movimientos de tierra. Durante la operación, el uso de un sistema ferroviario eléctrico y la sustitución parcial de viajes en automóvil y autobús pueden generar un efecto acumulativo positivo sobre la calidad del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero, siempre que exista una transferencia modal efectiva y que el sistema mantenga una elevada eficiencia energética. En ese sentido, el proyecto puede contribuir a reducir parcialmente el crecimiento regional de emisiones asociadas al transporte carretero, aunque el beneficio dependerá del número de pasajeros, la fuente de generación eléctrica y la disminución real de viajes motorizados individuales (IPCC, 2023).

d) Incremento acumulativo del ambiente sonoro

El funcionamiento de maquinaria, compactadores, equipos de corte, vehículos y trenes generará un incremento temporal o periódico de los niveles sonoros. Estas emisiones acústicas se sumarán al ruido producido por vialidades, centros urbanos, actividades industriales, infraestructura ferroviaria existente y otras fuentes presentes dentro de la Región Ecológica.

Durante la construcción, el efecto acumulativo será principalmente temporal y estará asociado a la coincidencia de varios equipos en operación. Durante la etapa operativa, el paso de los trenes producirá eventos acústicos intermitentes que pueden incorporarse al ambiente sonoro regional, especialmente en estaciones, cruces y zonas cercanas a asentamientos humanos o hábitats sensibles.

La acumulación de ruido puede incrementar las molestias a la población y generar alteraciones conductuales en la fauna, particularmente cuando coincide con iluminación nocturna, vibraciones y presencia humana. No obstante, el mantenimiento de maquinaria, la programación de actividades, el establecimiento de límites de velocidad y el monitoreo acústico permitirán reducir la contribución del proyecto.

- **Hidrología**

e) Modificación acumulativa de los patrones de escurrimiento

La construcción de terraplenes, cortes, rellenos, estaciones, accesos y obras de drenaje modificará localmente la dirección, velocidad y concentración de los escurrimientos superficiales. Estos cambios se sumarán a las alteraciones previamente ocasionadas por carreteras, caminos, áreas urbanizadas, superficies agrícolas, canales, bordos y demás infraestructura existente en la Región Ecológica.

Cuando diferentes obras interceptan o concentran el flujo del agua, pueden generarse efectos acumulativos como el incremento de la erosión, la sedimentación, los encharcamientos y la modificación de los tiempos de concentración. La relevancia de este efecto dependerá de la continuidad de los cauces, la capacidad hidráulica de las estructuras, la pendiente y la ocurrencia de eventos de precipitación intensa. Aunque el proyecto incorpora alcantarillas, cunetas, contracunetas, cruces hidráulicos y sistemas para mantener la continuidad del

CONSULTA PÚBLICA





drenaje, estas obras modificarán parcialmente la distribución natural de los flujos. Por ello, deberán diseñarse considerando no solamente las aportaciones generadas dentro de la huella ferroviaria, sino también las modificaciones acumuladas en las cuencas por otros usos del territorio.

Los sistemas de drenaje deberán mantenerse libres de residuos, vegetación invasora y sedimentos durante toda la vida útil del proyecto. La falta de mantenimiento podría incrementar el efecto acumulativo y favorecer inundaciones o procesos erosivos fuera del derecho de vía (Chow et al., 1988; Dingman, 2015).

f) Disminución acumulativa de la infiltración y recarga

La compactación y ocupación permanente del suelo reducirán localmente la capacidad de infiltración. Este efecto se sumará a la disminución de superficies permeables ocasionada por el crecimiento urbano, la pavimentación de vialidades, la instalación de infraestructura y la transformación de terrenos naturales o agrícolas. La pérdida acumulada de superficies infiltrantes puede incrementar el volumen y velocidad del escurrimiento superficial y reducir el almacenamiento temporal de agua en el suelo. Aunque la superficie del proyecto representa únicamente una fracción de las cuencas atravesadas, su configuración lineal puede interceptar diferentes unidades de drenaje y generar una contribución adicional a la modificación del balance hidrológico.

La conservación de áreas permeables, la descompactación de superficies temporales, la revegetación y la incorporación de estructuras para favorecer la infiltración permitirán disminuir este efecto. Sin embargo, en las zonas ocupadas por estructuras permanentes no será posible recuperar completamente la permeabilidad original. Se prevé que la disminución acumulativa de la recarga sea predominantemente localizada, siempre que se mantenga la continuidad hidráulica y se rehabiliten oportunamente las superficies temporales. No obstante, el monitoreo deberá enfocarse en los sitios donde coincidan acuíferos vulnerables, suelos permeables y una elevada concentración de infraestructura.

g) Riesgo acumulativo de deterioro de la calidad del agua

El arrastre de sedimentos, residuos, grasas, aceites y combustibles constituye una fuente potencial de alteración de la calidad del agua superficial y subterránea. Aunque los derrames representan eventos accidentales y prevenibles, su ocurrencia puede sumarse a fuentes difusas provenientes de actividades agrícolas, urbanas, industriales y del transporte, la contención que genera el pasivo de Química Central de México, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato, donde existe el almacenamiento histórico de 300,000 toneladas de residuos peligrosos de esta empresa.

La incorporación repetida de sedimentos y contaminantes puede producir efectos acumulativos sobre la turbidez, composición química y calidad ecológica de cauces, cuerpos de agua y zonas de recarga. Este riesgo será mayor en los frentes de trabajo cercanos a corrientes, zonas inundables, canales o terrenos con alta permeabilidad.

El almacenamiento seguro de sustancias, la utilización de sistemas de contención, el mantenimiento de maquinaria, el manejo integral de residuos y la atención inmediata de derrames serán fundamentales para evitar que el proyecto contribuya de manera significativa al deterioro acumulativo del recurso hídrico.

CONSULTA PÚBLICA





- **Biodiversidad (Vegetación y flora silvestre)**

h) Pérdida acumulativa de cobertura vegetal

El desmonte requerido para la construcción del derecho de vía, terraplenes, estaciones y obras auxiliares representa una pérdida adicional de vegetación dentro de una región donde la cobertura natural ha sido modificada históricamente por agricultura, ganadería, urbanización, vialidades e infraestructura productiva.

Aunque el proyecto contempla el rescate y reubicación de individuos, la recuperación de germoplasma, la revegetación de áreas temporales y la restauración o compensación ambiental, la superficie ocupada permanentemente no podrá recuperar la cobertura existente antes de las obras. La suma de pérdidas individuales de vegetación puede generar una disminución progresiva de la superficie disponible para las comunidades vegetales, reducir la captura de carbono, modificar el microclima, incrementar la erosión y disminuir la provisión de refugio y alimento para la fauna. También puede reducir el tamaño de los fragmentos remanentes y aumentar la proporción de bordes expuestos a perturbaciones.

El impacto acumulativo adquirirá mayor importancia en los tramos donde existan remanentes de vegetación nativa con alta integridad, comunidades poco representadas o especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En estos sitios deberán priorizarse la reducción de la huella de afectación, la conservación de ejemplares y la restauración con especies nativas (Rzedowski, 2006; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

i) Reducción acumulativa de individuos y poblaciones de flora

La eliminación de ejemplares dentro del área de desplante se sumará a la pérdida de individuos ocasionada por cambios de uso del suelo, aprovechamientos, incendios, expansión urbana y mantenimiento de infraestructura existente.

La afectación acumulativa puede disminuir la densidad de las poblaciones, reducir el reclutamiento natural y limitar el intercambio de propágulos entre fragmentos. Las especies con distribución restringida, lento crecimiento, baja capacidad de dispersión o categoría de riesgo serán particularmente vulnerables. Los programas de rescate, trasplante, propagación y reforestación permitirán reducir la pérdida directa; sin embargo, su eficacia dependerá de la supervivencia de los ejemplares, la disponibilidad de sitios receptores adecuados y el mantenimiento posterior. Por ello, el seguimiento no deberá limitarse al número de individuos rescatados, sino incluir tasas de supervivencia, crecimiento, reproducción y establecimiento.

j) Alteración acumulativa de las interacciones ecológicas y de la sucesión

La fragmentación y modificación de las comunidades vegetales puede afectar gradualmente procesos como la polinización, dispersión de semillas, competencia, regeneración y sucesión ecológica. Estos efectos se acumulan cuando diferentes proyectos eliminan o aíslan fragmentos, incrementan el efecto de borde y favorecen la entrada de especies oportunistas o invasoras. El mantenimiento periódico del derecho de vía puede limitar el desarrollo de etapas sucesionales avanzadas dentro de la franja ferroviaria. Asimismo, los cambios en iluminación, temperatura, humedad y exposición al viento pueden

CONSULTA PÚBLICA





modificar la composición de los bordes y reducir la resiliencia de los ecosistemas frente a sequías, incendios y otras perturbaciones.

La restauración con especies nativas y el control de especies exóticas permitirán recuperar parcialmente las interacciones ecológicas. Sin embargo, será necesario mantener áreas de vegetación conectadas y evitar desmontes adicionales fuera de la superficie autorizada.

- **Fauna silvestre**

k) Disminución acumulativa de la abundancia y riqueza de fauna

La pérdida de vegetación, el ruido, la iluminación, las vibraciones, la presencia humana y la operación ferroviaria se sumarán a las presiones existentes sobre la fauna derivadas de carreteras, zonas urbanas, agricultura, industria y otras infraestructuras. La acumulación de perturbaciones puede reducir la disponibilidad de refugios, alimento y sitios reproductivos, provocar el desplazamiento de especies sensibles y favorecer la presencia de especies generalistas adaptadas a ambientes modificados. Aunque los programas de rescate y reubicación disminuyen la mortalidad durante las obras, no eliminan los cambios de largo plazo en la estructura del hábitat.

Las especies con baja movilidad, requerimientos especializados o categoría de riesgo pueden experimentar efectos de mayor magnitud. En estos casos, la pérdida acumulada de individuos puede reducir la viabilidad de poblaciones locales, especialmente cuando los fragmentos remanentes son pequeños o se encuentran aislados. El monitoreo deberá evaluar la riqueza, abundancia, ocupación del hábitat y mortalidad antes, durante y después de las obras, con el propósito de detectar tendencias que requieran medidas correctivas.

l) Pérdida y fragmentación acumulativa del hábitat

La infraestructura ferroviaria ocasionará la pérdida directa de hábitat dentro de su huella de ocupación y contribuirá a la fragmentación de las superficies adyacentes. Este efecto se sumará a la división territorial generada por carreteras, caminos, asentamientos, áreas agrícolas y otras obras lineales.

La pérdida total de hábitat constituye uno de los principales factores relacionados con la disminución de la biodiversidad. A medida que los fragmentos se reducen y quedan más aislados, disminuye la capacidad de las especies para desplazarse, reproducirse y recolonizar áreas disponibles (Fahrig, 2003). Aunque el proyecto tiene una configuración lineal y utilizará en algunos segmentos corredores previamente intervenidos, la ampliación o consolidación de la barrera puede incrementar el efecto de borde y reducir la funcionalidad de los fragmentos. La conservación de vegetación adyacente y la restauración de superficies temporales serán indispensables para disminuir la pérdida acumulativa.

m) Alteración acumulativa de corredores biológicos y conectividad

La vía, los terraplenes, cercamientos, estaciones y operación de los trenes pueden dificultar el desplazamiento de la fauna. Estas barreras se sumarán a las carreteras, zonas urbanas y superficies productivas que ya limitan la conectividad entre fragmentos de vegetación. La acumulación de obstáculos puede modificar las rutas naturales, aumentar las

CONSULTA PÚBLICA





distancias de desplazamiento, concentrar el cruce en determinados puntos y reducir el intercambio de individuos entre poblaciones. A largo plazo, el aislamiento puede disminuir el flujo genético y aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones pequeñas.

Las infraestructuras de transporte generan efectos ecológicos que se extienden más allá de la superficie directamente ocupada, debido a la mortalidad, perturbación y alteración de movimientos (Forman & Alexander, 1998). Por esta razón, la instalación de pasos de fauna deberá basarse en los registros de especies, características del hábitat, rutas de desplazamiento y presencia de cuerpos de agua. Los pasos deberán integrarse con cercamientos de conducción, vegetación de aproximación y mantenimiento permanente. Su eficacia tendrá que comprobarse mediante cámaras trampa, huellas, rastros y registros de mortalidad.

n) Incremento acumulativo del riesgo de mortalidad de fauna

La operación del tren introducirá un riesgo adicional de colisión o atropellamiento, que se sumará a la mortalidad existente en carreteras y caminos. La magnitud del efecto dependerá de la frecuencia y velocidad de los trenes, comportamiento de las especies, diseño de los cercamientos y disponibilidad de cruces seguros. El riesgo será mayor en zonas cercanas a cuerpos de agua, corredores riparios, remanentes de vegetación y áreas con abundancia elevada de fauna. Aunque los pasos y cercamientos reducirán el número de eventos, no será posible eliminar completamente la mortalidad.

El monitoreo sistemático permitirá identificar puntos críticos y, en caso necesario, incorporar pasos adicionales, modificar cercamientos, establecer medidas de reducción de velocidad o mejorar la conducción de los organismos hacia los cruces.

- **Paisaje**

o) Transformación acumulativa de la calidad escénica

El proyecto incorporará terraplenes, puentes, estaciones, sistemas de electrificación, señalización y demás estructuras a un paisaje previamente modificado por carreteras, asentamientos, agricultura, infraestructura industrial y líneas de servicios. La suma de estos elementos genera una transformación progresiva de la composición visual y reduce la continuidad de las superficies naturales. El impacto acumulativo será mayor en zonas con alta visibilidad, paisajes rurales abiertos o remanentes de vegetación que actualmente presenten una elevada calidad escénica.

Aunque el diseño paisajístico, la revegetación y la conservación de barreras vegetales permitirán disminuir el contraste, el proyecto contribuirá a consolidar un paisaje de carácter urbano, productivo y de infraestructura en determinados segmentos del corredor. La transformación no se limita a la percepción estética, ya que también refleja cambios en la estructura espacial del territorio, fragmentación ecológica y disminución de naturalidad (Farina, 2006; Forman & Godron, 1986).

p) Incremento acumulativo de la fragilidad paisajística

CONSULTA PÚBLICA





La eliminación de vegetación y suelo superficial disminuye la capacidad del paisaje para absorber nuevas modificaciones. Cuando esta transformación se suma a desarrollos previos, la fragilidad visual puede aumentar y hacer más perceptibles futuras obras. Los tramos con pendientes pronunciadas, vegetación conservada, baja presencia de infraestructura o elevada exposición desde localidades y carreteras serán particularmente sensibles. La presencia conjunta de terraplenes, estructuras eléctricas, puentes y estaciones puede incrementar el contraste de formas, colores y texturas.

La restauración de taludes, el uso de especies nativas y la conservación de vegetación en los límites del derecho de vía permitirán reducir parcialmente este efecto. Sin embargo, la fragilidad acumulativa permanecerá mientras continúe la expansión de infraestructura dentro del territorio.

- **Medio socioeconómico**

q) Efectos acumulativos positivos sobre empleo, economía y movilidad regional

Además de las presiones ambientales adversas, el proyecto puede generar efectos acumulativos positivos al interactuar con las actividades económicas y los sistemas de transporte existentes. La contratación de mano de obra, adquisición de bienes y servicios, funcionamiento de estaciones y mejora de la accesibilidad pueden fortalecer gradualmente las cadenas productivas y ampliar las oportunidades laborales. La operación del tren puede complementar otros medios de transporte, facilitar los desplazamientos entre centros urbanos y reducir tiempos de traslado. Conforme aumente el número de usuarios, estos beneficios podrán acumularse y favorecer una mayor integración territorial entre las ciudades y localidades conectadas.

Asimismo, la sustitución parcial de viajes en automóvil y autobús por un sistema ferroviario eléctrico puede contribuir a disminuir el crecimiento de las emisiones por pasajero-kilómetro y la presión sobre la infraestructura carretera. No obstante, la magnitud real de estos beneficios dependerá de la demanda del servicio, la integración con el transporte local, las tarifas, la accesibilidad de las estaciones y la participación efectiva de las comunidades. Por ello, los efectos positivos deberán evaluarse mediante indicadores de empleo, movilidad, tiempos de traslado, número de pasajeros y contratación local.

IV.1.7.1 Valoración integral de los impactos acumulativos

En conjunto, los impactos acumulativos asociados al **"Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara"** representan una contribución adicional a las presiones ambientales que actualmente experimenta la Región Ecológica. Los efectos más relevantes se relacionan con la degradación y pérdida del suelo, modificación de la infiltración y de los escurrimientos, reducción de la cobertura vegetal, afectación de las interacciones ecológicas, pérdida y fragmentación del hábitat, disminución de la conectividad faunística y transformación progresiva del paisaje.

La importancia de estos impactos no depende únicamente de la superficie directamente ocupada por el proyecto, sino de su interacción con otros cambios de uso del suelo e infraestructuras presentes o futuras. Por esta razón, el análisis acumulativo deberá considerar

CONSULTA PÚBLICA





la sensibilidad ambiental de cada tramo y priorizar las medidas en sitios donde confluyan vegetación conservada, especies protegidas, corredores biológicos, cauces, acuíferos vulnerables y zonas con alta fragilidad paisajística.

No obstante, considerando el carácter lineal del proyecto, la concentración de las obras dentro del derecho de vía, la restauración de superficies temporales y la implementación de medidas de rescate de flora y fauna, control de erosión, manejo integral de residuos, mantenimiento de drenajes, reducción de emisiones e instalación de pasos de fauna, se prevé que la contribución del proyecto a los procesos acumulativos mantenga un alcance predominantemente local.

El proyecto incrementará de manera localizada las tendencias actuales de transformación del territorio, pero no se prevé que constituya por sí mismo el factor dominante de cambio ambiental regional, siempre que las medidas propuestas sean implementadas de manera completa, oportuna y verificable. La validez de esta conclusión deberá confirmarse mediante la Vigilancia Ambiental del proyecto, el cual deberá incluir indicadores para evaluar la recuperación del suelo y la vegetación, estabilidad de taludes, calidad y continuidad de los escurrimientos, supervivencia de flora rescatada, riqueza y abundancia de fauna, utilización de pasos de fauna, mortalidad por colisión, niveles de ruido, emisiones atmosféricas y evolución del paisaje.

IV.1.8 Resumen del análisis de los impactos ambientales significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales

La evaluación ambiental del proyecto **"Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara"** permitió identificar y valorar los impactos potenciales derivados de las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, considerando las condiciones actuales de la Región Ecológica y la interacción del proyecto con las presiones ambientales existentes.

Los impactos negativos de mayor relevancia se concentran durante la preparación del sitio y la construcción, principalmente por el desmonte, despalme, movimiento de tierras, excavaciones, conformación de terraplenes, instalación de infraestructura y tránsito de maquinaria. Estas actividades generarán efectos sobre el relieve, suelo, hidrología, calidad del aire, vegetación, fauna y paisaje, principalmente dentro del derecho de vía y su entorno inmediato.

En el medio abiótico, los impactos más importantes corresponden a la modificación de la topoforma, pérdida y compactación del suelo, incremento de la erosión, reducción de la infiltración, alteración de los escurrimientos, emisiones de partículas y gases de combustión, así como aumento de ruido y vibraciones. Su magnitud podrá reducirse mediante la conservación del suelo fértil, estabilización y revegetación de taludes, control de erosión y polvo, mantenimiento de maquinaria, manejo adecuado de residuos y combustibles, y construcción de obras hidráulicas.

En el medio biótico, destacan la pérdida y fragmentación de cobertura vegetal, afectación de individuos de flora, modificación del hábitat, perturbación y desplazamiento de fauna, riesgo de mortalidad y alteración de corredores biológicos. Para reducir estos efectos se contemplan programas de rescate y reubicación de flora y fauna, restauración con especies

CONSULTA PÚBLICA





nativas, delimitación de áreas de desmonte, instalación de pasos de fauna, control de iluminación y monitoreo de especies y estructuras de cruce.

Los impactos acumulativos se relacionan con la suma de los efectos del proyecto y las alteraciones históricas presentes en la Región Ecológica, como urbanización, actividades agropecuarias, infraestructura carretera y ferroviaria, e instalaciones industriales. Entre ellos se encuentran la degradación progresiva del suelo, reducción de superficies de infiltración, pérdida de cobertura vegetal, fragmentación del hábitat, disminución de la conectividad ecológica y transformación del paisaje.

Los impactos sinérgicos derivan de la interacción entre diferentes actividades. La remoción de vegetación, movimiento de tierras y compactación pueden potenciar conjuntamente la erosión, el escurrimiento y la sedimentación. Asimismo, la pérdida de hábitat, el ruido, las vibraciones y la iluminación pueden incrementar la perturbación de la fauna y reducir su capacidad de desplazamiento.

Los principales impactos residuales corresponden a la modificación permanente del relieve, pérdida o transformación del suelo dentro de las áreas de ocupación definitiva, disminución localizada de la infiltración, alteración de escurrimientos, pérdida permanente de vegetación, fragmentación funcional del hábitat, efecto barrera y cambio en la calidad escénica. Estos efectos permanecerán durante la vida útil del proyecto, aunque podrán reducirse mediante restauración, revegetación, mantenimiento de drenajes, pasos de fauna y vigilancia ambiental.

También se identificaron impactos positivos, como la generación de empleos, dinamización económica, mejora de la conectividad y transporte público, participación de comunidades locales y posible conservación de bienes arqueológicos. Durante la operación, el sistema ferroviario podrá contribuir a reducir emisiones por pasajero-kilómetro respecto al transporte carretero.

En términos generales, las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación permitirán disminuir la magnitud y extensión de la mayoría de los impactos. Su eficacia deberá verificarse mediante la Vigilancia Ambiental.

Por lo anterior, se concluye que el proyecto es ambientalmente viable, siempre que se apliquen de manera efectiva las medidas y programas establecidos, ya que los impactos residuales serán predominantemente locales y no se prevé que comprometan de manera significativa la funcionalidad ecológica de la Región Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA





IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LA EXTENSIÓN E INTENSIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, SINÉRGICOS, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES ANTES SEÑALADOS Y SUS EFECTOS.

El **Área de Influencia** (AI) corresponde al espacio geográfico dentro del cual pueden manifestarse los efectos ambientales directos e indirectos derivados de la ejecución de un proyecto, considerando tanto los componentes naturales como los sociales y culturales susceptibles de ser modificados. Su delimitación permite establecer el ámbito territorial en el que pueden presentarse las interacciones entre las obras y actividades proyectadas y los distintos componentes ambientales, considerando la magnitud del Proyecto, la naturaleza y extensión de los impactos identificados, así como la sensibilidad ambiental del territorio donde se pretende desarrollar la infraestructura.

Para el proyecto **Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara**, la delimitación del Área de Influencia se realizó con la finalidad de establecer la extensión espacial máxima dentro de la cual podrían manifestarse los impactos ambientales asociados con las etapas de **preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento**. En este sentido, el AI constituye una unidad territorial intermedia entre el Área de Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE), cuya función es representar espacialmente el alcance de aquellos efectos que pueden trascender la superficie directamente ocupada por las obras ferroviarias.

La definición del AI se fundamentó en los criterios establecidos para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, considerando que la delimitación debe representar el espacio donde los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales pueden modificar los componentes ambientales y sociales, atendiendo particularmente a su intensidad, extensión, persistencia y capacidad de interacción con otros procesos presentes en el territorio.

Asimismo, para su delimitación se retomaron los principios establecidos por **Milne *et al.*** (1996) y **Forman y Alexander** (1998), relacionados con los efectos ecológicos asociados a las infraestructuras lineales. Estos trabajos señalan que los efectos generados por este tipo de infraestructura pueden extenderse más allá de la superficie directamente ocupada por las obras y presentar una distribución espacial variable, en función de factores como la topografía, cobertura vegetal, calidad y fragilidad ambiental, movilidad de la fauna silvestre, características del suelo, dirección predominante del viento, dinámica hidrológica y presencia de infraestructura o perturbaciones antrópicas preexistentes.

Bajo este enfoque, la delimitación del AI no respondió exclusivamente a un criterio geométrico de distancia respecto al eje del Proyecto, sino que incorporó el comportamiento espacial de los procesos ambientales susceptibles de modificación, la distribución de los elementos naturales y sociales de interés y el alcance esperado de los impactos previamente identificados y evaluados mediante la metodología matricial de causa-efecto empleada para el Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA





Como etapa inicial de la delimitación se generó, mediante el **Sistema de Información Geográfica QGIS versión** 3.24, un polígono preliminar a partir de un **buffer de 1,000 m alrededor del Área de Proyecto**, utilizando el sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, Zona 13. Posteriormente, dicho polígono fue analizado y ajustado de acuerdo con las condiciones ambientales particulares del territorio atravesado por el Proyecto, considerando principalmente la calidad y fragilidad ambiental de los ecosistemas, el grado de conservación de la cobertura vegetal, la presencia de hábitats con potencial para fauna silvestre y la existencia de superficies previamente transformadas por actividades agrícolas, pecuarias, urbanas, industriales y de infraestructura.

Este procedimiento permitió ampliar o restringir espacialmente el polígono preliminar en función de la capacidad de propagación de los impactos y de la sensibilidad ambiental de cada sector. De esta manera, en las áreas con mayor grado de conservación, presencia de vegetación natural, hábitats faunísticos o elementos ambientalmente sensibles se otorgó mayor importancia al alcance potencial de los efectos; mientras que en aquellas zonas previamente transformadas se consideró el grado de modificación existente y la capacidad del Proyecto para generar impactos adicionales.

Para la delimitación se consideraron tanto los **efectos directos** como los **efectos indirectos** del Proyecto. Los primeros corresponden principalmente a las superficies donde las actividades constructivas y operativas pueden generar modificaciones inmediatas sobre los componentes ambientales; mientras que los segundos comprenden aquellos espacios que, aun cuando no sean ocupados físicamente por las obras, pueden experimentar modificaciones como consecuencia de la propagación de emisiones atmosféricas y acústicas, cambios hidrológicos, alteraciones ecológicas, modificaciones paisajísticas o interacciones con otros procesos ambientales y sociales existentes.

- **Criterios ambientales considerados para la delimitación**

De manera complementaria al análisis espacial, se consideraron los principales impactos ambientales identificados para el proyecto **Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara**, particularmente aquellos cuya manifestación puede trascender los límites físicos de las obras.

En el **medio abiótico** se consideraron las modificaciones sobre el relieve y microrelieve; los cambios en las características fisicoquímicas del suelo; el incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica; la reducción de la infiltración como consecuencia de la compactación; la pérdida de materia orgánica; el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero y partículas suspendidas; el aumento de los niveles de ruido; las variaciones en las superficies de infiltración; la modificación de los patrones de escurrimiento superficial; la alteración de la calidad del agua y los posibles cambios relacionados con el nivel freático.

Para el **medio biótico**, se consideraron principalmente la afectación de especies e individuos de flora; pérdida de cobertura vegetal; reducción de la capacidad de captura de carbono; modificación del hábitat de fauna silvestre; alteración de sus patrones de desplazamiento; generación de efecto barrera y modificación de la composición y estructura de las comunidades biológicas. Estos impactos adquieren especial relevancia en aquellos sectores donde el proyecto ferroviario atraviesa remanentes de vegetación natural o áreas

CONSULTA PÚBLICA





que funcionan como sitios de refugio, alimentación, reproducción o desplazamiento para la fauna silvestre.

Respecto al **paisaje**, se incorporaron como criterios la modificación de la calidad escénica, la alteración de la cuenca visual y la modificación de superficies con valor para la conservación, considerando que la incorporación de infraestructura ferroviaria puede generar cambios perceptibles sobre la configuración visual del territorio.

Finalmente, para el **medio socioeconómico y cultural** se consideraron tanto los efectos benéficos como los potencialmente adversos asociados con el Proyecto, incluyendo la generación de empleo y el incremento de la actividad económica local, los riesgos asociados con las actividades constructivas y operativas, los posibles conflictos socioambientales vinculados con la intervención del territorio y la protección y difusión del patrimonio arqueológico mediante las actividades de prospección y salvamento correspondientes.

Asimismo, se incorporaron como criterios auxiliares aquellos impactos identificados como **sinérgicos, acumulativos y residuales**, particularmente los relacionados con la fragmentación del hábitat, pérdida progresiva de cobertura vegetal, incremento de emisiones atmosféricas, modificación de procesos hidrológicos, alteración del paisaje e interacción del Proyecto con otras obras de infraestructura y actividades productivas presentes en la Región Ecológica. Debido a que estos procesos pueden presentar un alcance espacial superior a la superficie estrictamente ocupada por las obras permanentes, su comportamiento fue considerado dentro de la definición del AI.

- **Delimitación del Área de Influencia directa**

Para establecer el componente de **influencia directa** se consideró particularmente el impacto asociado con el **incremento en los niveles de ruido**, tomando como referencia la extensión espacial potencial de las emisiones acústicas generadas durante las diferentes actividades del Proyecto.

Este criterio parte del comportamiento de propagación y atenuación del sonido en el medio, permitiendo identificar las superficies donde los niveles acústicos generados por las actividades constructivas y, posteriormente, por la operación ferroviaria podrían modificar las condiciones acústicas existentes. Dichos efectos pueden incidir sobre receptores ambientales localizados en las inmediaciones del Proyecto, particularmente la fauna silvestre, los asentamientos humanos y la infraestructura cercana.

La utilización del ruido como uno de los criterios espaciales para establecer la influencia directa permite representar un efecto que no se restringe exclusivamente a la superficie ocupada físicamente por la infraestructura ferroviaria, sino que puede propagarse lateralmente desde las fuentes emisoras y generar modificaciones temporales o recurrentes en el ambiente circundante.

CONSULTA PÚBLICA





- **Delimitación del Área de Influencia indirecta**

Para la delimitación del componente de **influencia indirecta** se consideraron las **microcuencas presentes dentro de la Región Ecológica**, debido a que constituyen unidades territoriales funcionales dentro de las cuales se integran y desarrollan los principales procesos hidrológicos.

La utilización de las microcuencas como criterio permite incorporar superficies que, aun cuando no presenten una intervención física directa por las obras, mantienen una conexión funcional con el Área de Proyecto a través de la dinámica hidrológica. De esta forma, pueden considerarse los efectos potenciales asociados con modificaciones en los patrones de escurrimiento superficial, procesos de erosión y transporte de sedimentos, infiltración, calidad del agua y otros procesos ambientales relacionados con el funcionamiento hidrológico del territorio.

Este criterio permite, además, incorporar las interacciones existentes entre los componentes abióticos y bióticos vinculados con el sistema hidrológico, así como los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación de escurrimientos, infiltración, conservación del suelo y mantenimiento de hábitats.

- **Delimitación final del Área de Influencia**

A partir de la integración de los criterios anteriormente descritos, el polígono preliminar fue ajustado espacialmente de acuerdo con las características ambientales del territorio, obteniéndose un **Área de Influencia con una superficie de 40,784.58 ha (407,845,797 m²)**, correspondiente a un buffer promedio aproximado de **1,000 m alrededor del Proyecto**. Esta superficie representa el ámbito territorial máximo considerado para la manifestación de los principales efectos ambientales atribuibles al desarrollo del proyecto **Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara**.

CONSULTA PÚBLICA



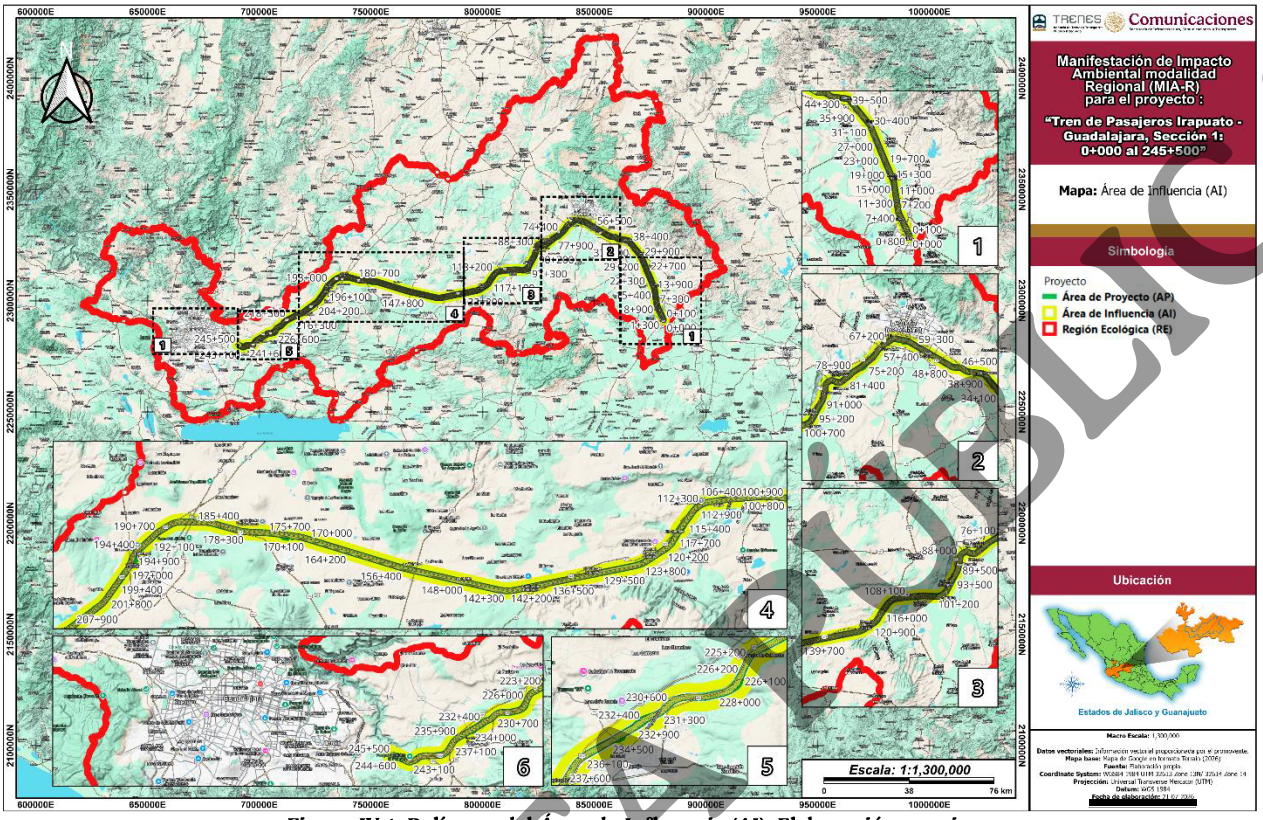


Figura IV.4. Polígono del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.

En consecuencia, el Área de Influencia representa el espacio geográfico donde se prevé que los impactos ambientales derivados del Proyecto puedan manifestarse con mayor intensidad y donde deberán concentrarse las medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento ambiental propuestas en la presente Manifestación.

El plano georreferenciado del Área de Influencia fue elaborado en coordenadas UTM, Datum WGS84, e incorpora el polígono definitivo resultante de la metodología descrita anteriormente. Dicho plano se presenta en el **ANX.I. Cartografía.** de anexos cartográficos, mientras que los archivos digitales geoespaciales correspondientes (SHP, SHX, DBF, PRJ y KML) se integran en el apartado **ANX.II. Vectores. b) Área de Influencia (AI)**, de la presente Manifestación, permitiendo su consulta y verificación espacial.

CONSULTA PÚBLICA



IV.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

Las medidas ambientales son un conjunto de acciones específicas, planificadas y ejecutables que deben implementarse para evitar la generación de impactos ambientales adversos, reducir, controlar o minimizar su magnitud, extensión o duración, restaurar las condiciones ambientales afectadas o bien, cuando ésta no sea técnica o ambientalmente viable, se deberán compensar los impactos negativos residuales mediante la generación de beneficios ambientales equivalentes o superiores.

Tabla IV.16. Tipos de medidas aplicables al proyecto. Elaboración propia.

TIPO DE MEDIDA	CLAVE
Prevención	P1
Mitigación	M1
Compensación	C1
Restauración	R1

Nota: El numero de la clave será consecutivo de acuerdo con el tipo de medida.

IV.3.1 Clasificación de medidas ambientales

IV.3.1.1 Medidas de Prevención (P1)

Las medidas de prevención son aquellas destinadas a **evitar que un impacto ambiental llegue a producirse**. Se implementan antes del inicio de las actividades que podrían generar una afectación, mediante modificaciones en el diseño, la planeación o la ejecución del proyecto. Su finalidad es eliminar la fuente del impacto o impedir que el factor ambiental sea alterado.

Características

- Se aplican antes de generar el impacto.
- Son las medidas de mayor prioridad dentro de la jerarquía ambiental.
- Generalmente implican cambios en el diseño del proyecto.
- Buscan eliminar el riesgo ambiental.

Ejemplos

- Delimitación de áreas de exclusión ambiental.
- Modificación del trazo para evitar humedales.
- Evitar desmontes fuera del derecho de vía.
- Programar obras fuera de la temporada reproductiva de fauna.
- Señalización de árboles a conservar.
- Protección física de cuerpos de agua.

IV.3.1.2 Medidas de Mitigación (M1)

Las medidas de mitigación son aquellas orientadas a **reducir la intensidad, extensión, duración o probabilidad de los impactos ambientales que no pueden evitarse completamente**. No eliminan el impacto, pero disminuyen significativamente sus efectos.

CONSULTA PÚBLICA





Características

- Se aplican durante la ejecución del proyecto.
- Disminuyen la severidad del impacto.
- Son las medidas más utilizadas en una MIA.
- Buscan reducir el Valor de Importancia (IMP) del impacto.

Ejemplos

- Riego de caminos para controlar polvo.
- Barreras acústicas para disminuir ruido.
- Obras de drenaje para evitar erosión.
- Pasos de fauna.
- Control de velocidad de maquinaria.
- Programas de rescate y reubicación de flora y fauna.
- Estabilización de taludes.

IV.3.1.3 Medidas de Compensación (C1)

Las medidas de compensación se aplican cuando **los impactos negativos persisten aun después de implementar las medidas de prevención y mitigación**, por lo que buscan generar beneficios ambientales equivalentes en otro sitio o mediante otras acciones. No eliminan el impacto, sino que compensan la pérdida ocasionada.

Características

- Se utilizan únicamente cuando existen impactos residuales.
- Son el último recurso dentro de la jerarquía de manejo.
- Deben procurar una equivalencia ecológica con el impacto generado.

Ejemplos

- Reforestación compensatoria.
- Compensación forestal.
- Restauración de ecosistemas equivalentes fuera del proyecto.
- Creación o fortalecimiento de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC).
- Financiamiento de programas de conservación.
- Protección de hábitat equivalente.

IV.3.1.4 Medidas de Restauración (R1)

Las medidas de restauración buscan **recuperar las condiciones ecológicas, físicas o funcionales de un sitio que fue alterado por el proyecto**, aproximándolo, en la medida de lo posible, a su estado previo o restableciendo su funcionalidad. Se aplican principalmente durante el cierre del proyecto o al concluir actividades temporales.

Características

- Recuperan áreas previamente afectadas.
- Restablecen procesos ecológicos.
- Favorecen la regeneración natural.
- Pueden incluir rehabilitación ecológica cuando no es posible recuperar completamente el estado original.

CONSULTA PÚBLICA





Ejemplos

- Descompactación del suelo.
- Reconformación de taludes.
- Restitución de capa vegetal.
- Revegetación con especies nativas.
- Restauración hidrológica.
- Recuperación de cauces temporales.
- Retiro de infraestructura temporal.
- Restauración de sitios de préstamo.

IV.3.2 Medidas ambientales a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto

Las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración han sido diseñadas bajo un enfoque sistémico, con el objetivo primordial de prevenir, atenuar o reparar las alteraciones ambientales causadas por desarrollo del proyecto. El diseño de estas acciones se manifiesta en la atención de impactos identificados por la construcción de la vía férrea; buscando salvaguardar la integridad de los procesos ecológicos de los elementos naturales a largo plazo.

Con la finalidad de optimizar la aplicación y el seguimiento de las medidas ambientales, su ejecución se ha zonificado conforme a las cuatro secciones de trabajo del proyecto, tal como se desglosa en la siguiente tabla:

Tabla IV.17. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.

CLAVE	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	SECCIÓN I	SECCIÓN II	SECCIÓN III	SECCIÓN IV
		KM 0+000-KM 69+400	KM 69+400 - KM 188+600	KM 188+600-KM 236+400	KM 236+400-KM 245+500
P01	Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada	√	√	√	√
P02	Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte	√	√	√	√
P03	Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo	√	√	√	√
P04	Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra	√	√	√	√
P05	Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP)	√	√	√	√
P06	Manejo integral de residuos generados en la obra	√	√	√	√
P07	Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo	√	√	√	√
P08	Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal	√	√	√	√
P09	Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles	√	√	√	√
P10	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria	√	√	√	√
P11	Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes	√	√	√	√
M01	Retiro de material excedente y reconformación topográfica	√	√	√	√
M02	Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal	√	√	√	√
M03	Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales	√	√	√	√

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	SECCIÓN I KM 0+000- KM 69+400	SECCIÓN II KM 69+400 - KM 188+600	SECCIÓN III KM 188+600- KM 236+400	SECCIÓN IV KM 236+400- KM 245+500
M04	Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo	√	√	√	√
M05	Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales	√	√	√	√
M06	Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre	√	√	√	√
M07	Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal	√	√	√	√
M08	Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre	√	√	√	√
M09	Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre	√	√	√	√
M10	Acciones de monitoreo de la calidad del Aire	√	√	√	√
M11	Caracterización de suelo en los cadenamientos km 74+500 y km 76+500 del proyecto para identificación de contaminación de cromo hexavalente por pasivo ambiental de Química Central de México.		√		
C01	Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental Zona el Bajío	√			
C02	Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental en zonas agrícolas, rurales y forestales		√	√	
C03	Cortina vegetal sobre el derecho de vía	√	√	√	
C04	Acciones de Protección y Conservación de Suelos	√	√	√	√
C05	Acciones de Manejo de Bosque y Arbolado Urbano en la zona del Bajío	√			
C06	Acciones de Compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde				√

Las medidas ambientales priorizan que la manifestación de impactos en zonas de alta sensibilidad sea mínima, para aquellos impactos residuales que, por la naturaleza técnica de la obra, poseen un carácter permanente, asegurando la continuidad de los servicios ecosistémicos. A continuación, se detallan las acciones específicas propuestas conforme a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto:

CONSULTA PÚBLICA





Tabla IV.18. Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental. Elaboración propia.

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td>P01</td><td>Medida: P01 - Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.

Restringir estrictamente todas las obras, maniobras y actividades del proyecto a la superficie evaluada y autorizada en la Manifestación de Impacto Ambiental. Previo al inicio de cualquier actividad de preparación del sitio, se realizará el trazo topográfico para delimitar físicamente la huella constructiva y los linderos del Derecho de Vía (DDV). Esta delimitación se ejecutará mediante estacado topográfico, mojoneras, malla perimetral o cinta barricada de alta visibilidad, garantizando que el personal, la maquinaria y el equipo no trasciendan estos límites bajo ninguna circunstancia.

Objetivo: Prevenir la perturbación de los ecosistemas adyacentes, evitando la remoción de vegetación, la compactación del suelo y la afectación a la fauna fuera del polígono autorizado por la autoridad ambiental.

Periodicidad de implementación: Permanente y preventiva. La delimitación física se instalará previo al inicio de la etapa de preparación del sitio y recibirá mantenimiento continuo durante toda la etapa de construcción para asegurar su visibilidad.

Plazo de ejecución: 36 meses (durante toda la vigencia de las etapas de preparación del sitio y construcción).</td><td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Delimitación topográfica previa</td><td>Proporción del polígono de trabajo físicamente delimitado antes del inicio de obra.</td><td>$\left(\frac{\text{Perímetro delimitado}}{\text{Perímetro total autorizado}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros lineales (m)</td></tr>
<tr><td>Materiales y señalización</td><td>Uso de los materiales estipulados (estacado, malla, mojoneras, barricada).</td><td>Verificación visual de los elementos instalados por frente de trabajo.</td><td>Presencia / Ausencia</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento de la delimitación</td><td>Restitución o reparación de la delimitación caída, rota o robada.</td><td>$\left(\frac{\text{Mantenimientos ejecutados}}{\text{Recorridos con hallazgos de daño}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Número de reportes</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Respeto a la huella constructiva</td><td>Invasiones operativas fuera del polígono autorizado.</td><td>Conteo de incidencias donde maquinaria, personal o acopios rebasen los linderos delimitados.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Protección de ecosistemas adyacentes</td><td>Afectación no autorizada (remoción de vegetación o compactación de suelo).</td><td>Levantamiento topográfico o satelital de superficie impactada fuera de los límites de la MIA.</td><td>Metros cuadrados (m^2) o Hectáreas (ha) (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Archivos digitales y planos con las coordenadas del polígono autorizado en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).
Evidencia fotográfica: Fotografías del estacado o cinta delimitando la frontera entre la obra y la vegetación intacta.
Listas de Asistencia a Pláticas de Inducción: Registros de capacitación donde se instruya a operadores de maquinaria y personal de obra sobre la prohibición absoluta de rebasar la línea de delimitación.
</td></tr>
<tr><td>P02</td><td>Medida: P02 - Estabilización geotécnica y biológica de taludes en zonas de corte.

Implementar medidas integrales de estabilización en los taludes generados por los cortes del trazo del proyecto. En taludes de material terroso, se realizará el arrope de la superficie utilizando el suelo vegetal rescatado, mezclado con residuos forestales triturados para inducir la revegetación natural. En cortes que presenten susceptibilidad a desprendimientos, procesos</td><td>Dentro del proyecto en zonas de corte</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Arrope de taludes terrosos</td><td>Proporción de taludes terrosos recubiertos con suelo vegetal y triturado.</td><td>$\left(\frac{\text{Área de taludes arropada}}{\text{Área total de taludes terrosos generados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cuadrados (m^2)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>erosivos severos o fallas estructurales, se instalarán sistemas de contención específicos conforme a los dictámenes de mecánica de suelos, tales como mallas de triple torsión (para el control de caídos en cortes rocosos) o biomantas/geomantas orgánicas (para la retención del sustrato y control hídrico), garantizando así su integración paisajística y estabilidad.

Objetivo: Prevenir procesos erosivos, deslaves y fallas geotécnicas (colapsos) en los taludes de corte, promoviendo su estabilización física y biológica para garantizar la seguridad de la infraestructura ferroviaria del proyecto y la protección del entorno.

Periodicidad de implementación: Continua y progresiva. Aplicada de manera inmediata tras la conformación y perfilado final de cada talud durante los trabajos de terracerías.

Plazo de ejecución: 6 meses (en apego al calendario de avance de los frentes de corte).</td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Instalación de sistemas de contención</td><td>Colocación de mallas de triple torsión o geomantas en zonas dictaminadas.</td><td>$\left(\frac{\text{Área con sistemas instalados}}{\text{Área requerid por mecánica de suelos}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cuadrados (m^2)</td></tr>
<tr><td>Cumplimiento del programa</td><td>Avance físico de la estabilización respecto al calendario de terracerías.</td><td>$\left(\frac{\text{Frentes de corte estabilizados}}{\text{Frentes de corte concluidos}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Estabilidad geotécnica</td><td>Incidencias de caídos, desprendimientos rocosos o colapsos estructurales.</td><td>Conteo de eventos de falla geotécnica en los taludes de corte estabilizados.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Control erosivo superficial</td><td>Formación de procesos erosivos hídricos o eólicos (cárcavas, surcos).</td><td>Número de taludes que presenten deslaves, pérdida del sustrato arropado o exposición de raíz.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Éxito de la estabilización biológica</td><td>Desarrollo de cobertura vegetal natural sobre el suelo arropado o biomanta.</td><td>Estimación visual de la superficie del talud cubierta por vegetación herbácea/arbustiva tras la temporada de lluvias.</td><td>Porcentaje de cobertura (%)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Dictámenes de Mecánica de Suelos: Documentos técnicos que justifiquen qué tipo de talud requirió arrope biológico, cuál requirió geomanta y cuál requirió malla de triple torsión.
Evidencia fotográfica: Registro visual del corte recién perfilado, el proceso de colocación de la malla/geomanta o arrope, y el desarrollo de la revegetación meses después.
Planos topográficos finales indicando los cadenamientos donde se implementó cada tipo de estabilización.

</td></tr>
<tr><td>P03</td><td>Medida: P03 - Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.

El suministro de combustibles, lubricantes y aditivos en campo se realizará exclusivamente mediante autotanques o camiones tipo "orquesta" debidamente acondicionados. Estos vehículos deberán ser operados por personal capacitado, contar con la señalización normativa para el transporte de materiales peligrosos y disponer de un equipo de respuesta a emergencias (kit antiderrame) con capacidad suficiente para contener y absorber hidrocarburos de forma inmediata.

La recarga se ejecutará preferentemente en zonas con suelo compactado o estabilizado, evitando áreas con suelo natural expuesto o cercanía a cuerpos de agua. Durante la maniobra de trasvase, será obligatorio el uso de charolas de contención secundaria o geomembranas impermeables colocadas directamente debajo de los receptáculos, mangueras y boquillas</td><td>Dentro del proyecto, en los frentes de trabajo</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Uso de contención secundaria</td><td>Proporción de maniobras de recarga supervisadas en las que se utilizaron charolas o geomembranas.</td><td>$\left(\frac{\text{Maniobras con uso de charola}}{\text{Total de maniobras supervisadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Equipamiento de los vehículos (Orquestas)</td><td>Camiones abastecedores que cuentan con kit antiderrame completo y señalización normativa de materiales peligrosos.</td><td>$\left(\frac{\text{Camiones con equipamiento completo}}{\text{Total de camiones orquesta en obra}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Capacitación del personal</td><td>Operadores de autotanques</td><td>$\left(\frac{\text{Operadores capacitados}}{\text{Total de operadores de recarga}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>de la maquinaria pesada para captar cualquier goteo accidental. Se prohíbe el esparcimiento preventivo de materiales absorbentes sobre el suelo para evitar la generación innecesaria de residuos peligrosos.

Finalmente, los camiones abastecedores deberán recargar sus propios tanques en estaciones de servicio (gasolineras) formalmente establecidas más cercanas a los frentes de trabajo, quedando prohibido el almacenamiento no autorizado de hidrocarburos dentro del área del proyecto.

Objetivo: Prevenir la alteración fisicoquímica del suelo y la posible contaminación de escurrimientos hídricos por derrames accidentales de hidrocarburos durante las maniobras de abastecimiento de maquinaria.

Periodicidad de implementación: Continua y de aplicación obligatoria en cada maniobra de suministro de combustible durante toda la etapa constructiva.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la fase de preparación del sitio y construcción).</td><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td>capacitados en el protocolo de recarga y uso del kit antiderrame.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Prohibición de almacenamiento en sitio</td><td>Ausencia de tanques fijos o tambores de almacenamiento de hidrocarburos no autorizados dentro del polígono</td><td>Conteo de sitios de almacenamiento irregular detectados en recorridos.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de contaminación del suelo</td><td>Derrames de hidrocarburos que alcanzaron el suelo natural expuesto.</td><td>Número de incidentes donde el combustible superó la contención secundaria e impactó el suelo.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Protección hídrica</td><td>Derrames de hidrocarburos que alcanzaron escurrimientos, cuerpos de agua o drenajes.</td><td>Número de eventos de contaminación hídrica por trasvase.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Capacidad de respuesta ante emergencias</td><td>Efectividad en la contención inmediata de goteos o derrames accidentales usando el kit antiderrame.</td><td>$\left(\frac{\text{Derrames contenidos exitosamente}}{\text{Total de derrames accidentales}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Generación de suelo contaminado</td><td>Volumen de suelo que tuvo que ser remediado o retirado como residuo peligroso a causa de recargas deficientes.</td><td>Sumatoria del volumen de suelo contaminado retirado.</td><td>Metros cúbicos (m^3) o Kilogramos (kg)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Listas de Verificación (Checklists) de Maquinaria: Formatos de inspección pre-operativa de los camiones "orquesta" que validen la presencia del kit antiderrame y señalética vigente.
Evidencia fotográfica en campo mostrando la ejecución correcta del trasvase (camión sobre suelo compactado, uso de charolas bajo las boquillas y ausencia de derrames).
Listas de Asistencia de Capacitación: Registros firmados por los operadores comprobando que recibieron la inducción sobre el manejo de hidrocarburos y respuesta a emergencias.
Reportes de Incidentes Ambientales: En caso de goteo o derrame, el formato de reporte que detalle la cantidad derramada, la acción de respuesta con el kit y la disposición final del material absorbente usado.

</td></tr>
<tr><td>P04</td><td>Medida: P04 - Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.</td><td>En talleres cercanos al proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

El mantenimiento preventivo del parque vehicular, maquinaria y equipo de construcción se ejecutará de manera conforme a las especificaciones del fabricante. Estas actividades se realizarán exclusivamente en áreas habilitadas para tal fin (patios de maquinaria), las cuales deberán contar con superficies impermeabilizadas o bases compactadas que impidan la infiltración de hidrocarburos al subsuelo.

Todos los residuos generados durante el mantenimiento (estopas impregnadas, filtros, aceites gastados, envases) serán clasificados, etiquetados y resguardados en el Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) del proyecto, para su posterior recolección y disposición final mediante empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT.

Queda estrictamente prohibido realizar mantenimiento mayor o correctivo dentro del polígono del proyecto. En caso de avería mayor, la maquinaria deberá ser trasladada a talleres mecánicos externos. Excepcionalmente, si la inmovilización del equipo imposibilita su traslado de forma segura, la reparación in situ se realizará implementando un sistema de contención secundaria riguroso (charolas metálicas de capacidad sobrada o tendido de geomembranas impermeables con bermas perimetrales), garantizando el aislamiento total entre los fluidos mecánicos y el suelo natural.

Para minimizar la contaminación del aire los mantenimientos deberán dar cumplimiento a las Normas oficiales mexicanas:

- NOM-041-SEMARNAT-2015, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación, que usan gasolina como combustibles.
- NOM-045-SEMARNAT-2017, que establecen los niveles máximos de opacidad de humo provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.
- NOM-050-SEMARNAT-2018, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

Objetivo: Prevenir la contaminación del suelo y de los escurrimientos hídricos por fugas o derrames accidentales, asegurando el óptimo estado mecánico del equipo y prohibiendo prácticas inseguras de reparación en campo. Esto a su vez ayudará a minimizar la emisión de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI).

Periodicidad de implementación: Continua y preventiva. Sujeta a la ejecución de las bitácoras de mantenimiento de cada equipo,

Programa de mantenimiento preventivo	Proporción de maquinaria y vehículos con sus servicios mecánicos al corriente según el fabricante.	$\left(\frac{\text{Equipos con mantenimiento vigente}}{\text{Total del padrón de equipos en obra}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Uso de áreas designadas	Mantenimientos preventivos ejecutados exclusivamente en patios con superficie impermeable.	$\left(\frac{\text{Mantenimientos en patio autorizado}}{\text{Total de mantenimientos realizados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Cumplimiento de emisiones (NOM-041, 045, 050)	Proporción del parque vehicular y maquinaria que cuenta con certificado o prueba de emisiones aprobada.	$\left(\frac{\text{Equipos con verificación aprobada}}{\text{Total de equipos sujetos a la norma}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Protocolo de reparación in situ (excepciones)	Uso de contención secundaria (charolas/geomembranas) en equipos inmovilizados por avería mayor.	$\left(\frac{\text{Reparaciones in situ con contención}}{\text{Total de reparaciones in situ (emergencias)}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Gestión de residuos peligrosos	Trazabilidad de los residuos generados (aceites, filtros) desde el ATRP hasta su disposición final.	Conteo de Manifiestos de Entrega-Recepción emitidos por empresa autorizada por SEMARNAT.	Documentos / Manifiestos

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Prevención de contaminación del suelo	Derrames de fluidos mecánicos (aceites, anticongelante, líquido de frenos) que impactaron el suelo natural.	Número de incidentes de contaminación generados por fallas mecánicas o malas prácticas de reparación.	Número de eventos (El objetivo es 0)
Control de Gases de Efecto Invernadero (GYCEI)	Presencia de vehículos operando con emisiones ostensibles (humo negro denso / alta opacidad).	Número de equipos retirados del frente de trabajo por rebasar visiblemente los límites de opacidad.	Número de equipos (El objetivo es 0)
Confiabilidad mecánica de la flota	Incidencia de averías mecánicas mayores en campo (indicador indirecto de la calidad del mantenimiento preventivo).	Número de fallas mayores que requirieron inmovilización o rescate del equipo dentro del polígono.	Número de averías
Impermeabilidad del patio de maquinaria	Ausencia de infiltraciones en el subsuelo del área destinada a los mantenimientos.	Identificación visual de manchas o fracturas en la superficie impermeabilizada del patio.	Número de hallazgos / No Conformidades

Medios de Verificación (Evidencias)

- Bitácoras de Mantenimiento de Maquinaria
- Certificados de Verificación de Emisiones: Copias de los hologramas o reportes de laboratorio que acrediten el cumplimiento de la NOM-041 (gasolina), NOM-045 (diésel) o NOM-050 (gas/alternos) correspondientes a cada unidad. (en caso de que aplique para el Estado)

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>de aplicación obligatoria durante todas las fases constructivas de la obra.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td></td><td>• Manifiestos de Residuos Peligrosos: Documentos oficiales de la SEMARNAT firmados por el generador (proyecto), transportista y el centro de acopio o disposición final.
• Evidencia fotográfica:
1. Condiciones del patio de maquinaria (mostrando planchas de concreto o geomembranas intactas).
2. Evidencia de la correcta aplicación del protocolo de contención en casos de reparaciones de emergencia in situ.
• Reportes de Supervisión Ambiental: Minutas donde conste la revisión de opacidad visual de la maquinaria operando y las condiciones de los frentes de trabajo libres de goteos. (en caso de que se lleven a cabo estos reportes)</td></tr>
<tr><td>P05</td><td>Medida: P05 - Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).

Se habilitará y operará un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) para el acopio seguro de los residuos generados durante el mantenimiento preventivo y la operación de la maquinaria. Su diseño y construcción se ejecutarán en apego a los lineamientos del Artículo 82 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).

El almacén contará con acceso restringido, techo, piso impermeable sin conexiones a la red de drenaje, y un sistema de contención secundaria (diques, fosas o charolas) con capacidad para retener, al menos, la quinta parte del volumen total almacenado o el volumen del contenedor de mayor tamaño. Todos los residuos serán envasados en recipientes compatibles, herméticos y debidamente etiquetados (rotulados) conforme a su nivel de peligrosidad y normatividad vigente.

La recolección, transporte y disposición final de los residuos se realizará de forma periódica, delegando estas actividades exclusivamente a empresas prestadoras de servicios debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SICT. El promovente deberá recabar y conservar los Manifiestos de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos como evidencia de su correcta trazabilidad.

Objetivo: Garantizar el manejo, contención y almacenamiento seguro de los residuos peligrosos generados durante la obra, previniendo derrames accidentales que provoquen desequilibrios ecológicos o la contaminación del suelo y los recursos hídricos.

Periodicidad de implementación: Continua y preventiva. Sujeta a la generación de residuos de la obra, y de aplicación obligatoria durante todas las etapas constructivas.</td><td>Dentro del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Infraestructura del ATRP</td><td>Cumplimiento de los requisitos del Art. 82 del RLGPGIR (techo, piso impermeable, sin drenaje, acceso restringido).</td><td>Revisión de lista de verificación (checklist) de la infraestructura instalada frente a la normativa.</td><td>Porcentaje de cumplimiento (%) o Cumple/No Cumple</td></tr>
<tr><td>Capacidad de contención secundaria</td><td>El sistema de retención (fosas, diques o charolas) cuenta con la volumetría exigida.</td><td>$\frac{\text{Volumen útil del dique}}{\text{Volumen del contenedor mayor (o 20\% del total)}}$</td><td>Proporción (Debe ser ≥ 1.0)</td></tr>
<tr><td>Envasado y etiquetado</td><td>Proporción de envases y contenedores dentro del ATRP que están cerrados, sin fugas y correctamente rotulados.</td><td>$\left(\frac{\text{Contenedores etiquetados y herméticos}}{\text{Total de contenedores en el ATRP}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Disposición y Trazabilidad legal</td><td>Entregas realizadas exclusivamente a empresas con autorizaciones vigentes de SEMARNAT y SICT, respaldadas documentalmente.</td><td>$\left(\frac{\text{Recolecciones con manifiestos validados}}{\text{Total de recolecciones realizadas}} \times 100\right)$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td></td><td>
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de contaminación externa</td><td>Derrames de residuos peligrosos (RP) que hayan rebasado la contención del ATRP y alcanzado el suelo natural o mantos freáticos.</td><td>Número de eventos de contaminación fuera del perímetro de contención del almacén.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Eficacia de la contención interna</td><td>Incidentes de derrames o fugas provenientes de envases rotos que fueron retenidos exitosamente por los diques o charolas.</td><td>Conteo de derrames contenidos dentro del ATRP sin afectación exterior.</td><td>Número de eventos</td></tr>
<tr><td>Control de capacidad instalada</td><td>Casos de sobreacumulación que rebasen la capacidad máxima segura del ATRP, provocando estibas peligrosas o saturación de charolas.</td><td>Número de inspecciones que reporten saturación o almacenamiento por encima de la capacidad de diseño.</td><td>Número de reportes de No Conformidad</td></tr>
<tr><td>Prevención de mezclas incompatibles</td><td>Ausencia de reacciones químicas accidentales, incendios o conatos por almacenamiento de residuos incompatibles.</td><td>Número de incidentes de reactividad térmica, incendios o explosiones en el ATRP.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
• Bitácora de Ingreso y Salida de Residuos: Registro interno (físico o digital) que documente las fechas, el tipo, la cantidad y la fuente de los residuos ingresados y extraídos del almacén.
• Autorizaciones de Proveedores: Copias de los permisos vigentes expedidos por SEMARNAT y SICT a las empresas contratadas para la recolección, transporte y disposición final o reciclaje.
• Manifiestos de Entrega, Transporte y Recepción: Documentos originales o copias selladas y firmadas por los tres actores (generador, transportista y destinatario final), que fungen como la máxima evidencia de cumplimiento legal.
• Evidencia fotográfica: Fotografías periódicas del interior del ATRP demostrando el orden, la limpieza, el estado hermético de los tambores, la presencia de etiquetas de identificación y la integridad del piso y techo.
</td></tr>
<tr><td>P06</td><td>Medida: P06- Manejo integral de residuos generados en la obra.

Durante el desarrollo de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, se implementará una separación de los residuos en la fuente de generación, clasificándolos en Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP). Cada categoría estará sujeta a protocolos específicos de almacenamiento, recolección y disposición final conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.

1. Clasificación de los Residuos Generados en Obra
La separación desde la fuente de origen es el mayor reto. Los residuos deben clasificarse en tres categorías legales:
• Residuos Sólidos Urbanos (RSU):</td><td>Dentro del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Instalación de "Puntos Limpios"</td><td>Proporción de frentes de trabajo y campamentos que cuentan con contenedores codificados y señalizados.</td><td>$\left(\frac{\text{Frentes con puntos limpios instalados}}{\text{Total de frentes de trabajo activos}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

- Fuentes: Campamentos, oficinas, comedores y áreas de descanso del personal. (Restos de alimentos, papel, cartón, envases de PET y aluminio, envolturas).
- Manejo: Separación en contenedores rotulados (orgánicos e inorgánicos) dispuestas en los frentes de trabajo.

- Residuos de Manejo Especial (RME):
  - Fuentes: Actividades de desmonte, despalme, terracerías, tendido de vías, obra civil y electromecánica. (Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) como escombros y concreto, material vegetal (troncos, ramas), chatarra ferrosa, madera de cimbra, plásticos de embalaje y llantas).
  - Manejo: Sujetos a planes de manejo específicos (NOM-161-SEMARNAT-2011). El material vegetal será triturado para su integración al suelo o uso en acciones de restauración. Los RCD deben dirigirse a sitios de tiro o bancos de desperdicio autorizados.
- Residuos Peligrosos (RP):
  - Fuentes: Mantenimiento de maquinaria pesada, plantas de emergencia, soldadura aluminotérmica y almacenamiento de combustibles. (Aceites gastados, filtros, estopas y trapos impregnados con hidrocarburos, suelo contaminado por derrames accidentales, envases de pinturas y solventes, baterías).
  - Manejo: Identificación y envasado conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005 y confinados al almacén temporal de residuos peligrosos.

2. Etapas Operativas del Manejo

a) Generación y Separación en la Fuente Se deben establecer "Puntos Limpios" a lo largo del trazo del proyecto y en las instalaciones de apoyo (frentes de obra, campamentos). Se deberán colocar tambos de 200 litros y contenedores de distintas capacidades en áreas estratégicas y en todos los frentes de trabajo, privilegiando la separación en orgánicos e inorgánicos. Cada contenedor debe tener un código de colores y señalización clara para evitar la mezcla, especialmente para asegurar que ningún RSU o RME se contamine con hidrocarburos. Se contará con una brigada exclusiva de limpieza y recolección de residuos sólidos que mantendrá limpios los frentes de obra.

b) Almacenamiento Temporal
- Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP): los residuos generados deberán ser confinados al

Calidad de la separación en la fuente	Ausencia de contaminación cruzada (ej. mezclar RSU con RP o RME).	$\left(\frac{\text{Contenedores sin contaminación cruzada}}{\text{Total de contenedores inspeccionados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Trazabilidad legal de la disposición	Proporción de salidas de residuos (RSU, RME y RP) amparadas con manifiestos o recibos oficiales.	$\left(\frac{\text{Viajes de retiro con comprobante válido}}{\text{Total de viajes de retiro realizados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Tiempo de almacenamiento de RP	Días que los Residuos Peligrosos permanecen confinados en el Almacén Temporal (ATRP).	Días transcurridos desde el ingreso del residuo al ATRP hasta su recolección.	Días (Debe ser ≤ 180)
Condiciones de acopio temporal (RSU/RME)	Áreas de acopio delimitadas, techadas y alejadas de cuerpos de agua.	Verificación visual mediante lista de chequeo de las instalaciones temporales.	Cumple / No Cumple

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Limpieza integral de los frentes de obra	Presencia de basura dispersa (clandestina) o escombros abandonados fuera de los contenedores.	Conteo de incidencias o hallazgos de residuos mal dispuestos durante los recorridos de supervisión.	Número de hallazgos (El objetivo es 0)
Prevención de lixiviados	Generación de escurrimientos contaminados a partir de los acopios temporales de RSU o RME hacia el suelo o cuerpos de agua.	Número de sitios de acopio que presenten filtraciones o escurrimientos hacia el entorno natural.	Número de sitios (El objetivo es 0)

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>ATR, el almacenamiento no debe exceder los 6 meses.
▪ Áreas de Acopio de RME y RSU: Deben estar delimitadas, protegidas de la intemperie (para evitar lixiviados por lluvia) y alejadas de cuerpos de agua o escurrimientos naturales.
c) Recolección y Transporte
▪ El traslado desde los frentes de obra hasta el almacén central debe realizarse con vehículos de la contratista debidamente acondicionados.
▪ El retiro final hacia las plantas de tratamiento o disposición final solo podrá ser ejecutado por empresas prestadoras de servicios autorizadas por la SEMARNAT (para RP) y por las autoridades estatales/municipales (para RME y RSU), contando con los permisos correspondientes de la SICT para el transporte de materiales y residuos peligrosos.
▪
3. Control, Seguimiento y Registro. Para garantizar la trazabilidad legal y técnica ante inspecciones o reportes de supervisión ambiental, el contratista debe mantener actualizado el siguiente archivo:
1. Bitácoras de Generación: Registros diarios/semanales de los volúmenes de RSU, RME y RP generados.
2. Manifiestos de Entrega-Recepción-Transporte: Documentos en original que amparen el movimiento de los Residuos Peligrosos, debidamente firmados por el generador, el transportista y el destinatario final.
3. Comprobantes de la disposición de RCD y RME en sitios autorizados.

Objetivo: Prevenir la contaminación de los ecosistemas, cuerpos de agua y el deterioro del paisaje mediante la correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos, maximizando su valorización y garantizando el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

Plazo de ejecución: Continua y permanente. De aplicación diaria y obligatoria en todos los frentes de trabajo activo, campamentos e instalaciones de apoyo operativo).

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td>Valorización de material vegetal (RME)</td><td>Proporción del material forestal producto del desmonte que es triturado y reincorporado en lugar de ser desechado.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de material vegetal triturado/reutilizado}}{\text{Volumen total de material vegetal generado}} \times 100\right)$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos (m^3)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias sugeridas)
• Bitácoras de Generación: Archivo actualizado (quincenal) que cuantifique el volumen o peso estimado de la generación de RSU, RME y RP en cada frente.
• Expediente de Manifiestos y Recibos:
○ Para RP: Manifiestos originales de Entrega-Transporte-Recepción firmados, y autorizaciones vigentes de la empresa recolectora (SEMARNAT/SICT).
○ Para RME (RCD): Vales o boletas de recepción selladas por el banco de desperdicio o tiro autorizado.
○ Para RSU: Recibos del servicio de recolección municipal o concesionado.
• Evidencia fotográfica:
1. Fotografías de los "Puntos Limpios" evidenciando el código de colores, etiquetado y limpieza del entorno.
2. Evidencia de las áreas de acopio central de RSU y RME mostrando las protecciones contra la intemperie (techos/lonas).
3. Evidencia de la trituración del material vegetal.
</td>
</tr>
<tr>
<td>P07</td>
<td>Medida: P07 - Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.</td>
<td>Dentro del área de proyecto</td>
<td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

Para prevenir el fecalismo al aire libre y evitar descargas sanitarias al suelo natural, se proveerán sanitarios portátiles en todos los frentes de trabajo activo, campamentos e instalaciones de apoyo. La cantidad de cabinas se calculará en apego a la NOM-031-STPS-2011 (proporcionando al menos un sanitario por cada 15 trabajadores).

El suministro, limpieza, desazolve y mantenimiento de estas unidades será ejecutado por una empresa especializada. Para dar cumplimiento a las normativas de protección al ambiente y evitar descargas clandestinas que contravengan los límites de la NOM-001-SEMARNAT-2021, la empresa contratada estará obligada a trasladar y verter los lodos y aguas residuales sanitarias exclusivamente en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipales o sitios autorizados. El promovente recabará y resguardará los manifiestos o bitácoras de servicio como evidencia técnica de la correcta disposición final.

Objetivo: Prevenir la contaminación biológica y fisicoquímica de los ecosistemas y recursos hídricos mediante el control total de las aguas residuales sanitarias generadas por el personal, asegurando condiciones óptimas de higiene y salubridad en la obra.

Periodicidad de implementación: Continua y permanente. De aplicación diaria y obligatoria en todos los frentes de trabajo activos, campamentos e instalaciones de apoyo operativo.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).

Suministro normativo de sanitarios	Proporción de sanitarios instalados frente al requerimiento legal (1 por cada 15 trabajadores).	$\left(\frac{\text{Sanitarios instalados en el frente}}{\text{Total de trabajadores}/15}\right) \times 100$	Porcentaje (El objetivo es ≥ 100%)
Mantenimiento y desazolve	Cumplimiento de la frecuencia de limpieza y extracción de lodos establecida con el proveedor.	$\left(\frac{\text{Servicios de limpieza ejecutados}}{\text{Servicios de limpieza programados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Trazabilidad y disposición final	Proporción de servicios de desazolve que cuentan con manifiesto de descarga en una PTAR autorizada.	$\left(\frac{\text{Viajes amparados con recibo de PTAR}}{\text{Total de viajes de desazolve realizados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Dotación de insumos	Cabinas provistas con los insumos básicos (papel higiénico, agua o gel antibacterial, desodorante).	Verificación visual mediante lista de chequeo durante recorridos de supervisión.	Cumple / No Cumple

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Prevención del fecalismo al aire libre	Evidencia de heces humanas o papel sanitario usado en áreas con vegetación, taludes o zonas apartadas del polígono de construcción.	Conteo de hallazgos de fecalismo al aire libre durante los recorridos de supervisión ambiental.	Número de hallazgos (El objetivo es 0)
Prevención de derrames sanitarios	Escurrimientos de aguas negras por rebosamiento de cabinas, fugas estructurales o volcaduras accidentales (por viento o maquinaria).	Número de incidentes donde los residuos sanitarios alcanzaron el suelo natural.	Número de eventos (El objetivo es 0)
Condiciones de salubridad y operatividad	Sanitarios clausurados temporalmente, inutilizables o con olores intolerables debido a negligencia en la frecuencia de limpieza.	Número de cabinas identificadas como inoperantes o insalubres durante las inspecciones.	Número de cabinas

Medios de Verificación (Evidencias)

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>

Censo de Sanitarios: Registro semanal o mensual que cruce el número máximo de trabajadores activos por frente de trabajo contra la cantidad de sanitarios físicos instalados, demostrando el cumplimiento de la relación 1:15 de la NOM-031-STPS-2011.
Bitácoras de Servicio en Sitio: bitácoras físicas, debidamente firmadas y fechadas por el operador de la empresa prestadora de servicios tras cada evento de desazolve y limpieza.
Manifiestos o Recibos de Disposición en PTAR: Comprobantes oficiales entregados por la empresa proveedora, sellados por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (municipal o privada), que garanticen que los lodos no fueron vertidos de manera clandestina en cuerpos de agua o terrenos baldíos.
Evidencia fotográfica: Fotografías periódicas de las cabinas sanitarias en campo, asegurando que estén colocadas en superficies estables, ancladas si es necesario (para evitar volcaduras por viento) y en condiciones limpias.

</td></tr>
<tr><td>P08</td><td>
Medida: P08 – Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal.

Se implementarán acciones de Capacitación y Concientización Ambiental dirigido a todo el personal operativo, administrativo y contratistas del proyecto. Este programa se ejecutará mediante cursos de inducción (previo al ingreso a la obra) y sesiones de reforzamiento continuo, generando evidencia documental de su ejecución a través de bitácoras de asistencia y reportes fotográficos.

El temario de las sesiones de capacitación abarcará de manera integral las siguientes líneas de acción:

Manejo de Residuos: Clasificación, separación y disposición adecuada de los residuos generados en obra (RSU, RME y RP).
Protección a la Biodiversidad: Reconocimiento de flora y fauna local, prohibición estricta de caza, extracción o maltrato, con énfasis ante avistamientos de especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Prevención de la Contaminación: Prohibición del fecalismo al aire libre (uso obligatorio de sanitarios portátiles), control de emisiones, y prevención de derrames de hidrocarburos.
Reglamento Ambiental de Obra: Respeto a los límites de la huella constructiva, prohibición de fogatas, usos de herbicidas y uso adecuado del equipo de respuesta a emergencias, así como evitar la compactación del suelo por el paso de la maquinaria, en sitio no autorizados.

Objetivo: Fomentar una cultura de prevención y corresponsabilidad ambiental en el personal de obra para minimizar los riesgos de impacto por factor humano, logrando además que estos conocimientos y buenas prácticas trasciendan hacia las familias y comunidades locales de los trabajadores.
</td><td>Dentro del área de proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Cobertura de la plática de inducción</td><td>Proporción de personal de nuevo ingreso que recibió la capacitación ambiental antes de iniciar labores.</td><td>$\left(\frac{\text{Personal de nuevo ingreso capacitado}}{\text{Total de personal de nuevo ingreso en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Frecuencia de reforzamiento</td><td>Cumplimiento del calendario de pláticas operativas mensuales en los frentes de trabajo y campamentos.</td><td>$\left(\frac{\text{Pláticas de reforzamiento ejecutadas}}{\text{Pláticas de reforzamiento programadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Cobertura del temario normativo</td><td>Inclusión de los 4 ejes temáticos obligatorios (Residuos, Biodiversidad, Contaminación y Reglamento) en los materiales didácticos.</td><td>Revisión documental de los temarios o presentaciones utilizadas frente a los requisitos de la medida.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

Periodicidad de implementación: Continua y permanente. Se impartirá una plática de inducción ambiental obligatoria a todo trabajador de nuevo ingreso, y se realizarán sesiones de reforzamiento (pláticas operativas) con frecuencia mensual en todos los frentes de trabajo y campamentos.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).

Alcance a contratistas	Proporción de empresas subcontratistas que tienen a su personal integrado al programa de capacitación.	$\left(\frac{\text{Subcontratistas participantes}}{\text{Total de subcontratistas activos en obra}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Apego al Reglamento Ambiental	Infracciones cometidas por el personal (fecalismo, fogatas, caza o maltrato de fauna, salir de la huella).	Número de reportes, amonestaciones o actas administrativas levantadas por faltas al reglamento ambiental.	Número de incidencias (El objetivo es tener una tendencia a la baja o 0)
Prevención de incidentes por factor humano	Derrames accidentales, mala separación de residuos o daños a la flora causados directamente por negligencia u omisión de los protocolos.	Conteo de incidentes ambientales atribuibles a errores operativos prevenibles mediante capacitación.	Número de eventos
Asimilación del conocimiento	Nivel de comprensión del personal sobre los temas impartidos (opcional, aplicable si se realizan sondeos verbales o pruebas rápidas).	$\left(\frac{\text{Trabajadores con evaluación aprobatoria}}{\text{Total de trabajadores evaluados aleatoriamente}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)

Medios de Verificación (Evidencias)

- Listas de Asistencia (Firmadas): Formatos oficiales que incluyan fecha, tema impartido, nombre del instructor, y el nombre, firma y cargo o empresa de cada trabajador asistente.
- Material Didáctico Documentado: Copias de las presentaciones, trípticos, manuales o infografías utilizadas durante las pláticas, evidenciando que se abordan los temas de manejo de residuos, protección a fauna (NOM-059) y prevención de contaminación.

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>

Evidencia fotográfica: Fotografías de las sesiones de capacitación en sitio (tanto en aulas de campamento como en "pláticas de 5 minutos" a pie de obra).
Registro de Incidencias y Amonestaciones: Bitácora de reportes de no conformidad o actas administrativas levantadas a trabajadores que incumplieron el reglamento ambiental, lo que sirve para medir la eficacia y enfocar los temas del siguiente reforzamiento mensual.

</td></tr>
<tr><td>P09</td><td>Medida: P09 - Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.

La operación de maquinaria pesada y equipos que generen las mayores emisiones acústicas (excavadoras, perforadoras, compactadoras, etc.) se restringirá exclusivamente al horario diurno (preferentemente de 08:00 a 18:00 hrs) en los frentes de trabajo. Queda estrictamente prohibida la ejecución de actividades ruidosas en horario nocturno dentro o en la periferia inmediata de estas áreas sensibles.

Como medida complementaria, todos los equipos de combustión interna deberán contar con silenciadores en sus escapes en óptimo estado de funcionamiento, tomando como referencia los límites máximos permisibles de la NOM-081-SEMARNAT-1994 para mitigar la emisión de ruido hacia el exterior.

En materia de salud ocupacional, se dará estricto cumplimiento a la NOM-011-STPS-2001. Se proveerá equipo de protección auditiva al personal expuesto y se controlarán los turnos de trabajo para no rebasar el Nivel de Exposición a Ruido (NER) máximo permitido de 90 dB(A) para una jornada de 8 horas.

Objetivo: Prevenir el desplazamiento temporal o estrés en las poblaciones de fauna silvestre dentro de los parches de hábitat aledaños al proyecto, así como mitigar las molestias por contaminación acústica en las zonas urbanas o conurbadas adyacentes al trazo del proyecto.

Periodicidad de implementación: Continua y diaria. Su cumplimiento será de carácter obligatorio para todos los operadores de maquinaria, choferes y contratistas durante la ejecución de obras cercanas a áreas sensibles.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Respeto al horario restringido</td><td>Proporción de horas de operación de maquinaria pesada ejecutadas dentro del horario diurno (08:00 a 18:00 hrs) en colindancia con áreas sensibles.</td><td>$\left(\frac{\text{Horas de operación diurna}}{\text{Total de horas operadas en el área sensible}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Control mecánico de ruido</td><td>Proporción de maquinaria y equipos de combustión interna con silenciadores de escape instalados y funcionales.</td><td>$\left(\frac{\text{Equipos con silenciador en buen estado}}{\text{Total de equipos operando}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Protección auditiva (NOM-011)</td><td>Trabajadores expuestos a niveles sonoros continuos que utilizan su Equipo de Protección Personal (EPP) auditivo.</td><td>$\left(\frac{\text{Trabajadores con tapones/orejeras}}{\text{Total de personal en zona de alto ruido}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Control del Nivel de Exposición a Ruido (NER)</td><td>Implementación de rotación o descansos para asegurar que ningún trabajador exceda los 90 dB(A) por una jornada de 8 horas.</td><td>Revisión del programa de turnos y descansos para personal de operación pesada.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Cumplimiento de ruido perimetral (NOM-081)</td><td>Emisiones acústicas hacia el exterior dentro de los límites máximos permisibles aplicables a la zona (residencial, industrial o conservación).</td><td>Comparación de los resultados de las sonometrías perimetrales contra los límites de la norma (ej. 68 dB(A) de 6 a 22 hrs).</td><td>Decibeles (dB(A))</td></tr>
<tr><td>Control de molestias sociales</td><td>Quejas ciudadanas o vecinales recibidas por ruido excesivo, vibraciones o labores nocturnas en áreas colindantes al proyecto.</td><td>Conteo de quejas formales o reportes en la bitácora de atención social.</td><td>Número de quejas (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de estrés en fauna silvestre</td><td>Alteraciones anómalas, desplazamiento de fauna en parches de hábitat colindantes atribuibles al ruido nocturno de la obra.</td><td>Conteo de incidentes reportados por los biólogos o brigadas de supervisión ambiental.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Bitácoras de Operación de Maquinaria: Registros que comprueben la hora de inicio y término de los trabajos pesados, demostrando la inactividad total de los equipos ruidosos después de las 18:00 hrs en frentes sensibles.
Listas de Verificación (Checklists) de Maquinaria: Formatos de inspección pre-operativa donde se valide visualmente el buen estado de los silenciadores de los escapes.
Estudios de Ruido Perimetral (NOM-081-SEMARNAT-1994): Reportes emitidos por laboratorios de prueba acreditados que midan el ruido generado por la obra hacia sus colindancias, garantizando que no se rebasen los decibeles permitidos.
Evidencia fotográfica. De la entrega y uso del equipo de protección personal (EPP) auditivo entregado, acompañado de los recibos firmados por los trabajadores donde conste la entrega de tapones u orejeras.

</td></tr>
<tr><td>P10</td><td>Medida: P10 - Mantenimiento preventivo y correctivo del material rodante e infraestructura ferroviaria.

Se implementará el mantenimiento para el material rodante (locomotoras y vagones) y la superestructura de la vía, el cual incluirá inspecciones rutinarias y pruebas mecánicas de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Para el control de ruido y vibraciones, las acciones se enfocarán en el mantenimiento del perfil óptimo de las ruedas (torneado de rodaduras) y el amolado de rieles, garantizando la mínima fricción y desgaste en la interfaz rueda-riel. Asimismo, se revisarán periódicamente los sistemas de suspensión, balasto y fijaciones de vía.

Para la prevención de contaminación, se verificarán herméticamente los sistemas hidráulicos, de lubricación y de suministro de combustible de los trenes, sustituyendo de manera preventiva empaques y mangueras para evitar el goteo</td><td>Durante la operación dentro de los talleres de mantenimiento</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Mantenimiento del material rodante</td><td>Proporción de locomotoras y vagones con sus servicios mecánicos vigentes según el fabricante.</td><td>$\left(\frac{\text{Unidades con mantenimiento al corriente}}{\text{Total de unidades en operación}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento de la interfaz rueda-riel</td><td>Cumplimiento del torneado de ruedas y amolado de rieles para control de fricción.</td><td>$\left(\frac{\text{Kilómetros de riel / Ruedas perfiladas}}{\text{Meta programada en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Inspección de sistemas de fluidos</td><td>Cumplimiento del calendario de revisión y sustitución</td><td>$\left(\frac{\text{Inspecciones hidráulicas ejecutadas}}{\text{Inspecciones hidráulicas programadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES
	o fuga de hidrocarburos a lo largo del trazo. Todas las labores de mantenimiento mayor se realizarán exclusivamente en los talleres designados. **Objetivo:** Minimizar la emisión de ruido y vibraciones asociadas a la fricción y desgaste mecánico, así como prevenir la contaminación del suelo y los escurrimientos hídricos por fugas accidentales de aceites o lubricantes durante la vida útil del proyecto. **Periodicidad de implementación:** Continua y programada. Sujeta estrictamente a las bitácoras, manuales de operación del fabricante y a los planes de mantenimiento del centro de distribución de carga. **Plazo de ejecución:** 50 años (correspondiente a toda la vida útil operativa del proyecto).		preventiva de mangueras y empaques. | | | | Restricción de mantenimiento mayor | Trabajos de mantenimiento mayor o correctivo ejecutados exclusivamente dentro de los talleres autorizados (no en vía). | $\left(\frac{\text{Mantenimientos en taller}}{\text{Total de mantenimientos mayores realizados}}\right) \times 100$ | Porcentaje (El objetivo es 100%)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Control de emisiones sonoras	Niveles de ruido generados por en la estación de carga zonas sensibles o urbanas (cumplimiento de la NOM-081).	Comparación de las sonometrías ambientales contra los límites máximos permisibles (LMP) normativos.	Decibeles (dB(A))
Prevención de contaminación en vía	Presencia de goteos crónicos, manchas de aceite, diésel o lubricantes a lo largo del balasto y durmientes.	Número de reportes por contaminación de suelo en el trazo del proyecto atribuibles a fugas del material rodante.	Número de incidencias (El objetivo es 0)
Integridad de la superestructura	Detección de fallas en fijaciones, desgaste prematuro o pérdida de geometría en el balasto por falta de mantenimiento.	Conteo de No Conformidades geométricas o mecánicas durante las inspecciones de vía.	Número de fallas / km

Medios de Verificación (Evidencias)

- Bitácoras de Mantenimiento de Material Rodante: Archivos técnicos de locomotoras y vagón, documentando fechas, horas de servicio y piezas reemplazadas (especialmente sellos e hidráulica).
- Reportes de Mantenimiento de Vía: Documentación de la operación de equipos especializados (perfiladoras de balasto, esmeriladoras/amoladoras de riel) indicando los cadenamientos atendidos.
- Manifiestos de Residuos Peligrosos (de los Talleres): Evidencia de la correcta disposición final de los aceites usados, estopas y piezas impregnadas resultantes de los mantenimientos.

P11	**Medida:** P11 - Monitoreo de calidad del agua en cauces perennes. Se implementará un programa de monitoreo hidrológico en los cauces o cuerpos de agua perennes de mayor importancia que sean interceptados por el trazo ferroviario. Para cada cuerpo de agua se establecerán dos estaciones de muestreo: una "aguas arriba" (para definir la calidad del agua base o de fondo, libre de la influencia del proyecto) y otra "aguas abajo" (para evaluar cualquier posible aportación de carga contaminante derivada de la infraestructura o sus obras de drenaje).	En pozos, norias y otros aprovechamientos subterráneos aledaños al proyecto	**Parámetros de Verificación de Cumplimiento** Parámetro Para Evaluar | Indicador | Fórmula / Método de Cálculo | Unidad de Medida Ejecución de las campañas de monitoreo | Realización de la campaña previa (1 mes antes) y de cierre (1 mes después) en los cruces hidrológicos. | $\left(\frac{\text{Campañas ejecutadas}}{\text{Campañas programadas por cruce}}\right) \times 100$ | Porcentaje (El objetivo es 100%) Diseño espacial del muestreo | Establecimiento del par de estaciones de control | Revisión del diseño de muestreo en los reportes técnicos. | Cumple / No Cumple





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

Las maniobras de toma de muestra, preservación (cadena de frío a 4°C), envasado y transporte se ejecutarán en apego a las Normas Mexicanas aplicables, garantizando la integridad de la Cadena de Custodia desde el sitio de extracción hasta su ingreso al laboratorio.

Durante el muestreo in situ, se utilizarán sondas multiparamétricas calibradas para registrar temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD), además de realizar el aforo de la corriente (cálculo del caudal) para contextualizar la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Los análisis analíticos serán procesados exclusivamente por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). La batería de parámetros críticos a evaluar incluirá: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), grasas y aceites, nutrientes (nitrógeno y fósforo total), coliformes fecales (Escherichia coli), y metales pesados (plomo, cadmio, zinc, asociados al desgaste de la vía y operación de maquinaria).

Los resultados obtenidos se contrastarán estadísticamente entre los puntos de control (aguas arriba vs. aguas abajo) y se compararán contra los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) y los Límites Máximos Permisibles de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

Objetivo: Prevenir, detectar y cuantificar cualquier alteración en la calidad del agua superficial de las corrientes interceptadas por el trazo, garantizando que las actividades de construcción no deterioren el ecosistema acuático ni infrinjan la normatividad hídrica.

Periodicidad de implementación: Programada y puntual. Se ejecutará una campaña de muestreo previa al inicio de las obras en cada cruce hidrológico (para establecer la Línea Base ambiental) y una campaña de muestreo posterior (de cierre) tras la conclusión de las actividades constructivas.

Plazo de ejecución: 1 mes previo al inicio de las obras de preparación del sitio y 1 mes después de la conclusión de la etapa constructiva en el cruce hidrológico correspondiente.

	("aguas arriba" y "aguas abajo") por cada cauce perenne.		
Validez analítica (Acreditación EMA)	Análisis de laboratorio ejecutados exclusivamente por un laboratorio con acreditación vigente ante la Entidad Mexicana de Acreditación.	Verificación del sello/código EMA en los Informes de Resultados de Laboratorio.	Cumple / No Cumple
Cobertura de parámetros exigidos	Proporción de los parámetros *in situ* y analíticos solicitados que fueron efectivamente medidos y reportados.	$\left(\frac{\text{Parámetros medidos}}{\text{Total de parámetros exigidos en la medida}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Conservación de la calidad hídrica	Variación de la concentración de contaminantes en el punto "aguas abajo" comparado con la calidad base "aguas arriba".	$\text{Concentración}_{\text{Aguas Abajo}} - \text{Concentración}_{\text{Aguas Arriba}}$	mg/L o $NMP/100mL$ (El objetivo es una diferencia estadística nula o no significativa)
Prevención de aporte de sedimentos (SST)	Incremento anómalo de Sólidos Suspendidos Totales aguas abajo, indicativo de erosión o arrastre de tierras del frente de obra.	Concentración de SST aguas abajo comparada con el muestreo base y el Límite Máximo Permisible.	mg/L
Prevención de contaminación por hidrocarburos y metales	Presencia o incremento de Grasas y Aceites, Plomo, Cadmio o Zinc aguas abajo, derivado de la maquinaria o desgaste de vías.	Concentración detectada de hidrocarburos/metales frente al límite de cuantificación del método.	mg/L (El objetivo es ≤ Límite de Detección o Línea Base)
Cumplimiento normativo ambiental	Parámetros que rebasen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) o normatividad aplicable.	Número de parámetros críticos fuera de los límites máximos permisibles de la norma.	Número de parámetros (El objetivo es 0)

Medios de Verificación (Evidencias)

- Reporte Técnico de Monitoreo: Documento interpretativo elaborado por un especialista, que incluya la ubicación exacta (coordenadas cartográficas) de las estaciones, el aforo de la corriente, y el análisis estadístico/comparativo de los resultados frente a los CE-CCA-001/89.
- Informes de Resultados de Laboratorio (Originales): Documentos emitidos por el laboratorio, firmados por el signatario autorizado, que incluyan el número de acreditación EMA vigente para cada parámetro evaluado.

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>

Formatos de Cadena de Custodia (CC): Documentos firmados que evidencien la trazabilidad ininterrumpida de las muestras desde el momento de su extracción, la preservación térmica (a 4°C) y la fecha/hora de recepción en el laboratorio.
Certificado de Acreditación EMA: Copia del anexo técnico del laboratorio que demuestre que tiene aprobados los métodos analíticos específicos para agua superficial.
Evidencia fotográfica:

Toma de muestras en campo de forma paralela a la corriente.
Uso de sondas multiparamétricas calibradas para mediciones in situ (pH, T, CE, OD).
Acondicionamiento de las muestras en las hieleras para mantener la cadena de frío

</td></tr>
<tr><td>M01</td><td>Medida: M01 - Retiro de material excedente y reconformación topográfica.

Desmantelar los sitios de acopio temporal y retirar la totalidad del material térreo y pétreo excedente hacia bancos de tiro o sitios de disposición final autorizados. Posteriormente, realizar trabajos de escarificado, perfilado y nivelación en las áreas liberadas para integrarlas a la topografía natural del entorno. Esto prevendrá alteraciones permanentes en el relieve y en los patrones de escurrimiento superficial, mitigando a su vez el riesgo de asentamientos diferenciales e inestabilidad de taludes.

Objetivo: Restituir, en la medida de lo técnicamente factible, la configuración morfológica y el relieve natural del terreno en todas las áreas de ocupación temporal (sitios de acopio, campamentos y caminos de acceso provisionales), garantizando su integración paisajística y estabilidad geomorfológica.

Periodicidad de implementación: Continua y progresiva. Se realizará conforme se vayan concluyendo los trabajos de terracerías y obra civil en cada frente de trabajo (por cadenamientos) o al desmantelar cada sitio de acopio temporal.

Plazo de ejecución: Durante los 30 días naturales posteriores a la conclusión de actividades constructivas en cada frente de trabajo o área de ocupación temporal específica.</td><td>Dentro del proyecto, en los frentes de trabajo</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Retiro de material excedente</td><td>Proporción de material retirado y dispuesto adecuadamente.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de material enviado a tiro}}{\text{Volumen de material excedente total}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos (m^3)</td></tr>
<tr><td>Legalidad de la disposición</td><td>Manifiestos o vales de tiro en sitios autorizados.</td><td>Conteo de manifiestos/recibos validados por el sitio de disposición final autorizado.</td><td>Documentos / Vales</td></tr>
<tr><td>Avance de reconformación topográfica</td><td>temporal liberada y reconformada.</td><td>$\left(\frac{\text{Área escarificada y nivelada}}{\text{Área de ocupación temporal total}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Hectáreas (ha) o Metros cuadrados (m^2)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Estabilidad geomorfológica</td><td>Incidencias de inestabilidad (deslaves, hundimientos o asentamientos diferenciales).</td><td>Número de eventos de inestabilidad detectados durante los recorridos de supervisión en áreas reconformadas.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Restitución del patrón de escurrimiento</td><td>Presencia de erosión hídrica o encharcamientos no naturales.</td><td>Número de sitios con cárcavas, arrastre de sedimentos o estancamiento de agua.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Evidencia fotográfica

Fotografías de cada frente de trabajo, incluyendo coordenadas GPS y fecha.

</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Registro de Manifiestos: Carpeta física o digital con los comprobantes de volumen (m^3) recibidos por el banco de tiro o sitio de disposición final autorizado.</td></tr>
<tr><td>M02</td><td>Medida: M02 - Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.

Consiste en la recuperación del horizonte edáfico superficial (suelo vegetal) proveniente del despalme para su resguardo temporal mediante acamellonamiento. El material se dispondrá en áreas estratégicas que cuenten con un adecuado drenaje superficial para evitar encharcamientos y pérdida por escorrentía. Para enriquecer el sustrato y favorecer la retención de humedad, los camellones se mezclarán con residuos forestales triturados producto del desmonte. Finalmente, se instalará una cobertura (malla geotextil, malla sombra o geomanta) para proteger el material contra la erosión eólica e hídrica, garantizando así la viabilidad del banco de semillas y propágulos naturales hasta su posterior reutilización en el arrope y estabilización de taludes.

Objetivo: Preservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo vegetal, así como su banco de semillas, para garantizar su efectividad como sustrato en la revegetación natural, arrope de taludes y restauración de áreas temporalmente afectadas por el proyecto.
Periodicidad de implementación: Continua y progresiva; ejecutada simultáneamente con los frentes de despalme y sujeta a mantenimiento periódico hasta su reincorporación final en las áreas de restauración.
Plazo de ejecución: 12 meses. (Nota: El mantenimiento de los camellones debe ser constante durante este periodo para evitar perdida de suelo).</td><td>Dentro del proyecto, en los frentes de trabajo</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Rescate de suelo vegetal</td><td>Proporción de suelo vegetal efectivamente rescatado y acamellonado.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de suelo acamellonado}}{\text{Volumen de suelo vegetal despalmado}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos (m^3)</td></tr>
<tr><td>Enriquecimiento del sustrato</td><td>Proporción de suelo mezclado con triturado forestal.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de camellones con triturado}}{\text{Volumen total de camellones}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos (m^3)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de pérdida de suelo</td><td>Ausencia de erosión eólica o hídrica (cárcavas, deslaves o arrastre de sedimentos en el camellón).</td><td>Conteo de incidencias de erosión detectadas en los camellones durante inspecciones rutinarias o post-tormenta.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Adecuado drenaje superficial</td><td>Ausencia de encharcamientos o estancamiento en la base de los sitios de acopio.</td><td>Conteo de sitios de acopio que presenten problemas de anegamiento o mal drenaje.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Evidencia fotográfica.
• Registro visual que demuestre el proceso de trituración y mezclado de los residuos forestales.
• La conformación de los camellones (altura y taludes adecuados
• Registros de Mantenimiento de los camellones.</td></tr>
<tr><td>M03</td><td>Medida: M03 - Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.

Todos los frentes de trabajo activo y la maquinaria pesada deberán contar permanentemente con un kit de respuesta a emergencias ambientales (kit antiderrame), equipado con barreras y tapetes absorbentes de materiales inertes o biodegradables (cordones, toallas, musgo de turba o peat sorb), equipo de protección personal y contenedores vacíos.

Ante la detección de goteos menores o derrames accidentales de hidrocarburos derivados de fallas mecánicas, se actuará de manera inmediata como medida preventiva y correctiva, evitando que el volumen del derrame alcance los umbrales de reporte obligatorio estipulados en los Artículos 129 y 130 del Reglamento de la LGPGIR.

Para la atención del incidente, se ejecutará la siguiente secuencia de contención y limpieza:</td><td>Dentro del proyecto en sitios donde se ubiquen derrames</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Disponibilidad de kits antiderrame</td><td>Proporción de frentes de trabajo y maquinaria pesada equipados con el kit completo y vigente.</td><td>(Equipos con kit completo / Total de equipos inspeccionados) × 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Aplicación del protocolo de respuesta</td><td>Incidentes atendidos siguiendo estrictamente la secuencia de 6 pasos (desde el control de la fuente hasta el traslado al ATRP).</td><td>(Derrames atendidos con protocolo / Total de derrames registrados) × 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

1. Identificación y control de la fuente: Acción inmediata. Detener el equipo o maquinaria y suprimir el origen de la fuga (cerrar válvulas, taponar fisuras o colocar charolas de contención primaria) para detener el flujo de la sustancia.
2. Delimitación y aislamiento del área: Aislar el perímetro afectado para evitar que el tránsito del personal, maquinaria o vehículos extienda la contaminación a otras zonas de la obra.
3. Contención y absorción: Si el derrame presenta líquido libre sobre el sustrato, aplicar inmediatamente el material absorbente del kit sobre la mancha para capturar la mayor cantidad de producto antes de que se infiltre en el suelo.
4. Remoción del suelo contaminado: Con el uso de herramientas manuales (palas), retirar la capa de suelo visiblemente manchada junto con el material absorbente utilizado. Se deberá extraer un margen de seguridad adicional de 5 a 10 cm de suelo con apariencia limpia, tanto en profundidad como en el perímetro, para garantizar la remoción total de la fracción infiltrada.
5. Envasado y etiquetado: Colocar el suelo extraído y los materiales impregnados en tambos metálicos, recipientes de polietileno de alta densidad o bolsas plásticas de alta resistencia al desgarre. El recipiente se sellará y etiquetará inmediatamente especificando el nombre del residuo peligroso (ej. Suelo impregnado con hidrocarburo).
6. Traslado al ATRP: Trasladar los contenedores al Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) del proyecto para su resguardo seguro, hasta su posterior recolección y disposición final por parte de una empresa autorizada.

Objetivo: llevar acabo un buen manejo de residuos para evitar la contaminación del agua, suelo y aire.

Periodicidad de implementación: Continua y preventiva. Sujeta a la generación de residuos de la obra, y de aplicación obligatoria durante todas las etapas constructivas.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).

Envasado y etiquetado correcto	Proporción de recipientes con suelo contaminado que fueron debidamente sellados y rotulados antes de su traslado.	(Recipientes etiquetados correctamente / Total de recipientes generados por derrames) × 100	Porcentaje (%)
Trazabilidad del residuo al ATRP	Congruencia entre los eventos de derrame reportados en campo y los ingresos de suelo contaminado al almacén temporal.	Verificación de ingresos en la bitácora del ATRP correspondientes a los reportes de campo.	Eventos / Registros

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Limpieza y remoción total (Suelo)	Ausencia de hidrocarburos residuales en el sitio tras aplicar el margen de seguridad de remoción (5 a 10 cm adicionales).	Número de sitios inspeccionados que presentan manchas o remanentes tras darse por concluida la limpieza.	Número de sitios (El objetivo es 0)
Protección hídrica	Derrames accidentales que, por falta de contención inmediata, alcanzaron escurrimientos, cuerpos de agua o drenajes.	Conteo de eventos de contaminación hídrica.	Número de eventos (El objetivo es 0)
Prevención de umbrales críticos	Derrames que por su magnitud o falta de control rebasaron los umbrales de reporte obligatorio (Art. 129 y 130 del RLGPGIR).	Número de eventos que excedieron el umbral normativo (ej. más de 1 metro cúbico de hidrocarburo).	Número de incidentes (El objetivo es 0)
Oportunidad de respuesta	Tiempo transcurrido entre la detección visual del goteo/derrame y la contención inicial (paso 1 y 2).	Medición del tiempo de reacción documentado en los reportes de incidente.	Minutos (Debe ser atención inmediata)

Medios de Verificación (Evidencias)

- Listas de Verificación (Checklists) de Maquinaria y Frentes: Formatos de inspección diaria o semanal que validen la presencia, accesibilidad y contenido de los kits antiderrame (barreras, musgo/peat sorb, bolsas, EPP).
- Reportes de Incidentes Ambientales: Un formato específico llenado tras cada evento (por menor que sea) que documente: la hora de detección, la causa de la fuga, el volumen estimado, y la confirmación de la ejecución de los 6 pasos del protocolo.
- Bitácora Fotográfica Georreferenciada del Incidente: Secuencia fotográfica obligatoria que muestre:
  1. El derrame original y la colocación del absorbente.
  2. La excavación manual del suelo manchado (evidenciando el margen de 5 a 10 cm).
  3. El sitio final limpio, sin rastro visual del hidrocarburo.
  4. Los tambos o bolsas etiquetadas con el residuo.

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>• Bitácora de Ingreso al ATRP: Registro firmado por el responsable del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos que valide la recepción de los contenedores con suelo impregnado descritos en los reportes de campo.</td></tr>
<tr><td>M04</td><td>Medida: M04- Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.

Para mitigar la resuspensión y dispersión de material particulado (polvos) generada por el desmonte, las terracerías y el tránsito de maquinaria pesada, se implementará el riego periódico (humectación) en los frentes de trabajo activo, áreas con suelo desnudo y caminos de acceso no pavimentados.

El abastecimiento hídrico para esta actividad provendrá de fuentes que acrediten su legal procedencia (títulos de concesión vigentes emitidos por la CONAGUA). Se priorizará el aprovechamiento de agua residual tratada, la cual deberá cumplir con los parámetros de la NOM-003-SEMARNAT-1997 (reúso en servicios al público con contacto directo o indirecto), garantizando así la protección a la salud de los trabajadores y la prevención de impactos al suelo.

El transporte y aplicación del agua se realizará mediante autotanques (camiones pipa) provistos de flautas esparcidoras o aspersores, asegurando una distribución uniforme que humedezca el terreno sin generar encharcamientos excesivos ni escurrimientos (lodo) que dificulten la operatividad.

Objetivo: Minimizar la alteración de la calidad del aire local, controlando la emisión de Partículas Suspendidas Totales (PST) provenientes de la erosión eólica sobre el suelo desnudo y el tránsito vehicular.

Periodicidad de implementación: Continua y diaria. La frecuencia de los riegos se ajustará progresivamente conforme al avance de la obra, el volumen de tránsito y las condiciones meteorológicas (intensificando la frecuencia durante la temporada de estiaje o en días con vientos fuertes).

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td>Dentro del proyecto, en los frentes de trabajo y áreas de suelo desnudo y caminos de acceso no pavimentados.</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Programa de humectación</td><td>Proporción de circuitos de riego ejecutados respecto a los programados (ajustados por clima/estiaje).</td><td>$\left(\frac{\text{Viajes de riego ejecutados}}{\text{Viajes de riego programados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Procedencia legal del agua</td><td>Volumen de agua utilizado que cuenta con respaldo de concesión de CONAGUA o recibos de PTAR autorizada.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de agua comprobado legalmente}}{\text{Volumen total de agua utilizado}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos (m^3)</td></tr>
<tr><td>Calidad del agua tratada (Si aplica)</td><td>Cumplimiento de los parámetros de la NOM-003-SEMARNAT-1997 para proteger la salud de los trabajadores.</td><td>Comparación de los resultados de laboratorio del proveedor de agua contra los Límites Máximos Permisibles de la NOM.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Supresión de Partículas Suspendidas (PST)</td><td>Generación de tolvaneras o nubes de polvo por el tránsito de maquinaria en caminos o frentes de obra.</td><td>Conteo de incidencias o reportes de supervisión por alta emisión de polvo en áreas que debieron ser humectadas.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de lodos y encharcamientos</td><td>Sobresaturación del suelo a causa de riegos excesivos o mal aplicados, generando escurrimientos o lodo severo.</td><td>Número de áreas reportadas con encharcamientos que dificulten el tránsito o generen arrastre de sedimentos.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CONSULTA PÚBLICA

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Adaptabilidad climática</td><td>Ajuste oportuno en la frecuencia de riegos ante alertas de vientos fuertes o temporadas de estiaje prolongado.</td><td>$\left(\frac{\text{Días con ajuste preventivo de riego}}{\text{Días con condiciones meteorológicas adversas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
• Bitácoras de Riego: Registros por los operadores de las pipas indicando fecha, hora, número de viajes realizados, volumen esparcido (m3) y el cadenamiento o tramo atendido.
• Comprobantes de Procedencia del Agua:
○ Si es agua de pozo/río: Copia del Título de Concesión de CONAGUA vigente y medidores de extracción.
○ Si es agua residual tratada: Vales, facturas o recibos emitidos por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) proveedora.
• Análisis de Calidad del Agua (NOM-003): En caso de usar agua residual tratada, copia de los análisis de laboratorio recientes de la PTAR para garantizar que el agua está libre de patógenos (coliformes, helmintos) y es segura para el contacto indirecto del personal.
• Evidencia fotográfica:
1. Fotografías de las pipas operando y mostrando el correcto funcionamiento de las flautas o aspersores.
2. Evidencia visual de los caminos humedecidos (mostrando el cambio de color del suelo, sin presencia de lodo excesivo).
3. Fotografías durante el tránsito de maquinaria pesada demostrando la ausencia de nubes de polvo.
• Reportes Meteorológicos: Capturas o bitácoras del estado del clima local que justifiquen la suspensión de riegos (días de lluvia) o su intensificación (días de viento/estiaje).
</td></tr>
<tr><td>M05</td><td>Medida: M05 - Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.

Todos los vehículos de carga (camiones de volteo y góndolas) empleados para el transporte de material producto de cortes, excavaciones, agregados pétreos o escombros, deberán cubrir su caja de carga con una lona resistente. Esta cubierta deberá estar firmemente sujeta en sus extremos para evitar el derrame del material o la dispersión aerodinámica de polvos durante su trayecto por el área del proyecto, caminos de acceso y vías públicas.

Como medida complementaria, previo a su carga, el material particulado podrá ser humectado para reducir su volatilidad. Asimismo, se establecerá y señalizará un límite de velocidad máximo de 30 km/h para todo vehículo y maquinaria que transite dentro del polígono del proyecto y en los caminos de</td><td>Dentro del proyecto, en caminos de acceso y en los frentes de trabajo.</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Uso de lonas protectoras</td><td>Proporción de camiones de volteo y góndolas que transitan con la caja cubierta y la lona firmemente sujeta.</td><td>$\left(\frac{\text{Camiones inspeccionados con lona}}{\text{Total de camiones en tránsito revisados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Respeto al límite de velocidad</td><td>Proporción de vehículos y maquinaria que transitan a 30 km/h o menos en caminos de</td><td>$\left(\frac{\text{Vehículos respetando el límite}}{\text{Total de vehículos monitoreados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>





CONSULTA PÚBLICA

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>terracería asociados, con el fin de reducir la resuspensión mecánica de polvo producida por la fricción de los neumáticos.

Objetivo: Minimizar la alteración de la calidad del aire local, controlando la emisión y dispersión de Partículas Suspendidas Totales (PST) generadas por el arrastre del viento sobre las cajas de los camiones y el tránsito vehicular.

Periodicidad de implementación: Continua y diaria. Su cumplimiento será de carácter obligatorio para todos los choferes y contratistas durante cada viaje de transporte de material y acarreo.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>terracería y frentes de obra.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Señalización de velocidad</td><td>Instalación y mantenimiento de letreros visibles indicando el límite máximo de 30 km/h en los accesos y polígonos de obra.</td><td>Verificación visual mediante lista de chequeo de la infraestructura vial interna.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Humectación previa de la carga</td><td>Aplicación de riego sobre el material particulado depositado en la tolva antes de iniciar el viaje.</td><td>$\left(\frac{\text{Cargas humectadas previo al viaje}}{\text{Total de cargas susceptibles de volatilidad}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Control de dispersión aerodinámica</td><td>Generación de estelas o nubes de polvo (PST) emitidas directamente desde la caja de los camiones en movimiento.</td><td>Número de incidencias reportadas por dispersión de polvo en tránsito.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de derrames en ruta</td><td>Presencia de tierra, escombros o material pétreo accidentado/derramado sobre la carpeta asfáltica en vías públicas o caminos de acceso.</td><td>Conteo de hallazgos de material tirado en las rutas de acarreo.</td><td>Número de hallazgos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Supresión de resuspensión mecánica</td><td>Levantamiento de tolvaneras a nivel de neumáticos provocado por vehículos transitando a exceso de velocidad.</td><td>Número de reportes u observaciones por resuspensión severa.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Bitácoras de Control: Registros o checklists llenados por el personal de vigilancia o bandereros en las salidas de la obra, validando (con palomeo) que cada camión abandona el sitio con la lona extendida y amarrada.
Reportes de excesos de límite de velocidad: Bitácora de sanciones, multas internas o actas administrativas aplicadas a choferes que fueron sorprendidos excediendo los 30 km/h o circulando sin la lona protectora.
Evidencia fotográfica:

Fotografías de los camiones de volteo y góndolas operando correctamente con sus cajas enlonadas.
Evidencia de la humectación de la caja previo a la salida del frente de trabajo.
Imágenes de la señalética vial de 30 km/h instalada en los caminos de acceso.

</td>
</tr>
<tr>
<td>M06</td>
<td>Medida: M06 – Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.</td>
<td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td>
<td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento</td>
</tr>
</table>





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

Previo al inicio de las actividades de desmonte y despalme en las etapas de preparación del sitio y construcción, se implementará acciones integrales de manejo de fauna silvestre, prestando especial atención a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas actividades serán dirigidas por biólogos o especialistas en manejo de fauna.

Se prohibirán las actividades de caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona. Así como todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de la Ley General de Vida Silvestre. Lo anterior aplica a todo el personal encargado del desarrollo de las actividades. La empresa contratista se encargará de supervisar esto.

Las acciones se ejecutarán bajo la siguiente secuencia operativa:

1. Prospección biológica: Realización de recorridos de reconocimiento en el polígono de afectación para identificar rastros, madrigueras, nidos, refugios (ej. perchas de murciélagos) y corredores biológicos activos, marcando los sitios sensibles.

2. Ahuyentamiento de fauna: Aplicación de técnicas de ahuyentamiento auditivo y visual (uso de silbatos, megáfonos o ruidos de percusión). El ahuyentamiento se realizará de forma direccional, empujando a la fauna con capacidad de vuelo o desplazamiento rápido hacia áreas de conservación contiguas y alejándolas de zonas de riesgo (carreteras o frentes de maquinaria).

3. Rescate de individuos: Posterior al ahuyentamiento, se procederá a la captura física de organismos de lento desplazamiento (crías, reptiles, anfibios, pequeños mamíferos) o aquellos que hayan regresado al área. Se emplearán métodos no letales: trampas tipo Sherman y Tomahawk para mastofauna, y captura manual con equipo herpetológico especializado (pinzas y ganchos herpetológicos) para anfibios y reptiles.

4. Protección de nidos y madrigueras activas: Medida de exclusión temporal, en caso de detectar nidos con huevos, polluelos o madrigueras con crías lactantes, el área será delimitada con cinta barricada o malla (buffer de protección) suspendiendo las actividades de desmonte en ese micro-polígono temporalmente. Se dará seguimiento biológico hasta que los organismos adquieran capacidad de vuelo o desplazamiento autónomo y abandonen el sitio naturalmente.

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Prospección y ahuyentamiento preventivo	Proporción de frentes de desmonte/despalme que contaron con liberación biológica previa al ingreso de maquinaria.	$\left(\frac{\text{Frentes liberados por especialistas}}{\text{Total de frentes de desmonte iniciados}}\right) \times 100$	Porcentaje (El objetivo es 100%)
Rescate y reubicación técnica	Proporción de individuos capturados que fueron trasladados y liberados en los sitios de hábitat seguro previamente caracterizados.	$\left(\frac{\text{Individuos liberados en sitios designados}}{\text{Total de individuos capturados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Protección de nidos y madrigueras (Buffers)	Implementación de polígonos de exclusión temporal en sitios de anidación o cría activa detectados durante la prospección.	$\left(\frac{\text{Sitios protegidos con buffer}}{\text{Total de nidos/madrigueras activas detectadas}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Prohibición de caza y maltrato	Ausencia de prácticas ilegales (caza, colecta, tráfico o posesión de fauna o trampas clandestinas) por parte del personal de obra.	Conteo de hallazgos de fauna cautiva, armas, resorteras o trampas no autorizadas en campamentos y frentes.	Número de hallazgos (El objetivo es 0)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Supervivencia en el manejo y traslado	Tasa de ejemplares que sobrevivieron al proceso de captura, confinamiento temporal y liberación (indicador del nivel de estrés o daño por manejo).	$\left(\frac{\text{Individuos liberados sanos y vivos}}{\text{Total de individuos capturados}}\right) \times 100$	Porcentaje (El objetivo es $\geq$ 95%)
Prevención de mortalidad en obra	Individuos de fauna silvestre (especialmente lentos como	Conteo de cadáveres encontrados en el polígono de obra atribuibles a las actividades constructivas.	Número de individuos (El objetivo es 0)

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>5. Reubicación y liberación: Los individuos rescatados serán evaluados físicamente in situ e inmediatamente trasladados en contenedores ventilados (para reducir el estrés) hacia sitios de liberación previamente caracterizados. Estos sitios contarán con condiciones de hábitat similares, capacidad de carga adecuada y estarán lo suficientemente alejados del trazo del proyecto para evitar el retorno de los animales.

6. Vigilancia y monitoreo continuo: Ejecución de recorridos de avistamiento diarios durante las actividades de desmonte, terracerías y construcción para atender de forma inmediata a la fauna que pudiera ingresar accidentalmente a la zona de obras.

Objetivo: Salvaguardar la integridad física de las poblaciones de fauna silvestre presentes en la huella del proyecto, minimizando la mortalidad por atropellamiento o remoción de vegetación, y garantizando su integración exitosa en hábitats adyacentes seguros.

Periodicidad de implementación: Continua. Las acciones de prospección y ahuyentamiento se ejecutarán de forma preventiva previa a cada frente de desmonte; el rescate, reubicación y vigilancia serán de carácter permanente durante las obras.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>reptiles y anfibios) muertos por atropellamiento o maquinaria pesada.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Éxito de la exclusión temporal</td><td>Nidos o madrigueras aislados temporalmente que lograron el desarrollo y abandono autónomo exitoso de las crías/polluelos.</td><td>$\left(\frac{\text{Buffers con abandono natural exitoso}}{\text{Total de buffers temporales establecidos}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Protección de especies en estatus (NOM-059)</td><td>Afectación accidental directa (lesión o muerte) a individuos listados en categorías de riesgo (Amenazadas, Sujetas a Protección Especial, o en Peligro de Extinción).</td><td>Número de ejemplares de la NOM-059-SEMARNAT-2010 afectados por la obra.</td><td>Número de individuos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Bitácora de Registro de Fauna (Formatos de Campo): Bases de datos elaboradas y firmadas por los biólogos especialistas que documenten cada individuo manejado: especie, estatus (NOM-059), fecha, hora, método de captura (Sherman, manual), estado físico, coordenadas GPS de captura y coordenadas GPS del sitio de liberación.
Bitácoras o actas de Liberación
Evidencia fotográfica:

Técnicas de ahuyentamiento y colocación de trampas.
Ejemplares capturados (mostrando el uso pinzas, ganchos o contenedores ventilados).
El momento exacto de la liberación en áreas con cobertura vegetal densa.
Delimitación con malla o cinta de los buffers de protección para nidos.

Reportes de Incidencias y Mortalidad: Registro de cualquier ejemplar hallado muerto, especificando la causa probable, así como el levantamiento de actas administrativas contra trabajadores sorprendidos incurriendo en maltrato o caza.
Acreditación Técnica del Personal: Currículums, cédulas profesionales y/o autorizaciones de SEMARNAT de los biólogos o técnicos encargados del manejo de fauna, demostrando que son especialistas calificados.

</td>
</tr>
<tr>
<td>M07</td>
<td>Medida: M012 - Construcción, desazolve y mantenimiento de obras de drenaje transversal y longitudinal.

Para preservar la conectividad hidrológica y evitar el efecto barrera en el área de influencia del proyecto, se construirán Obras menores de Drenaje Transversal (alcantarillas de tubo,</td>
<td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td>
<td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

cajón o bóveda) y mayores (puentes o viaductos ferroviarios) a través de los terraplenes de la vía férrea. Asimismo, se habilitarán obras de drenaje longitudinal (cunetas y contracunetas) en las zonas de corte. El dimensionamiento de estas estructuras se ejecutará conforme a los resultados a los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto, respetando los coeficientes de escurrimiento natural y previendo gastos máximos extraordinarios calculados para periodos de retorno seguros.

Durante la etapa de construcción y a lo largo de toda la etapa de operación, se ejecutará una continua supervisión, limpieza y desazolve de todas las estructuras. Se realizará el retiro oportuno de sedimentos, palizada (restos vegetales) y residuos sólidos que pudieran azolvar las obras, garantizando que operen a su máxima sección hidráulica libre. Esto evitará el estrangulamiento o la obstrucción de los escurrimientos pluviales y superficiales.

Objetivo: Mantener inalterada la dinámica hidrológica y el libre flujo de las corrientes superficiales interceptadas por el trazo del proyecto, previniendo el represamiento de agua (aguas arriba) y la generación de procesos erosivos (aguas abajo).

Periodicidad de implementación: Continua y programada. La construcción se realizará conforme al calendario de obra. Las labores de desazolve y mantenimiento tendrán carácter preventivo, intensificándose previo y durante la temporada de lluvias de cada año.

Plazo de ejecución: 6 meses para la edificación de las estructuras (etapa constructiva) y 50 años para las acciones de vigilancia y mantenimiento (correspondiente a toda la vida útil operativa del proyecto).

Construcción de obras de drenaje	Avance físico en la construcción de alcantarillas, puentes, cunetas y contracunetas proyectadas.	$\left(\frac{\text{Obras de drenaje construidas}}{\text{Obras de drenaje proyectadas}}\right) \times 100$	Porcentaje (%) y Número de obras
Apego al diseño hidráulico	Las obras construidas respetan las dimensiones y secciones hidráulicas dictaminadas en los estudios.	Revisión de planos As-Built contra los estudios hidrológicos autorizados.	Cumple / No Cumple
Programa de desazolve preventivo	Ejecución de las jornadas de limpieza y retiro de sedimentos/palizada, especialmente previo a la temporada de lluvias.	$\left(\frac{\text{Mantenimientos ejecutados}}{\text{Mantenimientos programados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Disposición de azolves	Retiro y disposición adecuada del material extraído (sedimentos y basura) fuera de los cauces.	Volumen de azolve retirado y enviado a sitios de disposición autorizados.	Metros cúbicos (m^3)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Prevención de represamiento (Aguas arriba)	Inundaciones, encharcamientos severos o efecto barrera generados por la obstrucción o insuficiencia del drenaje transversal.	Número de sitios con represamiento de agua anómalo contra los terraplenes de la vía.	Número de incidencias (El objetivo es 0)
Prevención de erosión hídrica (Aguas abajo)	Socavación, formación de cárcavas o arrastre excesivo de suelo en las descargas de las alcantarillas o cunetas.	Conteo de sitios de descarga que presenten procesos erosivos activos o daño estructural.	Número de sitios (El objetivo es 0)
Sección hidráulica operativa	Proporción de la luz o área transversal de la obra de drenaje que se mantiene libre de obstrucciones para el flujo del agua.	$\left(\frac{\text{Área transversal libre}}{\text{Área transversal total de diseño}}\right) \times 100$	Porcentaje (El objetivo es ≥ 85%)
Integridad de la infraestructura vial	Daños al balasto, deslaves en terraplenes o socavación de puentes causados por el desbordamiento de escurrimientos.	Conteo de fallas geotécnicas o estructurales derivadas de un mal manejo hídrico.	Número de fallas

Medios de Verificación (Evidencias)

- Estudios Hidrológicos y Planos que demuestren que los puentes y alcantarillas se construyeron con los diámetros y elevaciones requeridas para soportar los periodos de retorno estipulados.
- Bitácoras de Mantenimiento y Desazolve: Registros anuales detallando la fecha de limpieza, la obra de drenaje atendida (por cadenamiento) y el volumen de azolve retirado.
- Evidencia fotográfica:
  1. Fotografías de la obra recién construida mostrando la limpieza del cauce.
  2. Secuencia "Antes y Después" de las jornadas de desazolve.
  3. Fotografías de las salidas (aguas abajo) demostrando la ausencia de cárcavas.

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td>M08</td>
<td>Medida: M08 – Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.

Previo al inicio de cualquier actividad de desmonte y despalme, se ejecutará el rescate de aquellos individuos de flora que presenten alto valor biológico, ecológico, o que se encuentren enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010, los Apéndices CITES, la Lista Roja de la UICN, o que posean una distribución restringida (endémicas).

Queda estrictamente prohibida la colecta, tráfico, extracción no autorizada o daño a las especies de flora por parte del personal de obra. El contratista será responsable de supervisar y sancionar el incumplimiento de esta directriz.

Las acciones serán dirigidas por especialistas en flora ejecutando las siguientes actividades:

1. Prospección biológica y marcaje: Realización de recorridos por el polígono de afectación a cargo de una brigada biológica. Se ejecutará la identificación taxonómica, georreferenciación y marcaje físico (con cintas de alta visibilidad) de los organismos viables para rescate.

2. Instalación y habilitación del vivero temporal. Construcción de un vivero con capacidad espacial e infraestructura suficiente para albergar la flora rescatada. Deberá contar con abasto de agua garantizado y áreas delimitadas para: germinación de semillas, crecimiento, cuarentena (control fitosanitario) y un módulo con sombreado específico para especies epífitas.

3. Extracción y colecta de germoplasma: Extracción cuidadosa de los individuos marcados utilizando herramienta manual (palas, picos, coas). La maniobra priorizará la conservación del cepellón intacto para proteger el sistema radicular; en caso de raíz desnuda, se aplicarán tratamientos para evitar el estrés hídrico y la deshidratación durante el traslado. Simultáneamente, se realizará la colecta de germoplasma (semillas y propágulos) viables para su propagación en vivero.

Los organismos rescatados se registrarán en una bitácora que contendrá coordenadas del sitio de rescate, nombre científico , nombre común, estrato de rescate, técnica de rescate, condiciones del ejemplar y estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

4. Mantenimiento y aclimatación en vivero: Aplicación de labores culturales (embolsado, aplicación de sustrato, riegos, fertilización y control de plagas) para garantizar</td>
<td>Dentro del proyecto (etapa de preparación del sitio)

Vivero temporal resguardo de ejemplares rescatados</td>
<td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prospección y rescate preventivo</td><td>Proporción de frentes de desmonte que contaron con rescate biológico previo al ingreso de maquinaria.</td><td>(Frentes rescatados / Total de frentes de desmonte) x 100</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Infraestructura del vivero temporal</td><td>El vivero cuenta con las áreas exigidas: germinación, crecimiento, cuarentena, agua y sombra para epífitas.</td><td>Revisión de lista de verificación (checklist) de la infraestructura instalada.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Efectividad de extracción biológica</td><td>Proporción de organismos vegetales marcados como viables que fueron efectivamente extraídos y trasladados al vivero.</td><td>(Individuos extraídos / Individuos marcados viables) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Trazabilidad técnica y legal</td><td>Plantas ingresadas al vivero que cuentan con su registro completo en la bitácora (coordenadas, taxonomía, estatus NOM-059).</td><td>(Registros completos / Total de plantas en vivero) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Prohibición de colecta ilegal</td><td>Ausencia de extracción, tala no autorizada, tráfico o daño intencional a la flora por parte del personal de obra.</td><td>Conteo de hallazgos de posesión o daño de flora en campamentos o reportes al contratista.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Sobrevivencia Post-Trasplante</td><td>Porcentaje de individuos vivos y adaptados al sitio receptor respecto al total reubicado (Meta obligatoria).</td><td>(Individuos vivos en sitio receptor / Total de individuos reubicados) x 100</td><td>Porcentaje (El objetivo exigido es 80% o mayor)</td></tr>
<tr><td>Viabilidad del Germoplasma</td><td>Tasa de éxito en la germinación y propagación de las semillas o propágulos colectados en el vivero.</td><td>(Plántulas germinadas viables / Total de propágulos o semillas sembradas) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Estado Fitosanitario</td><td>Proporción de individuos rescatados que se mantienen</td><td>(Individuos sanos / Total de individuos en monitoreo) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>la sobrevivencia y adaptación de las plantas juveniles y adultas hasta el momento de su reubicación definitiva.

5. Reubicación y trasplante: se garantizará el 80% de sobrevivencia como mínimo. Traslado e incorporación de los individuos a sitios receptores seleccionados mediante una evaluación previa de su viabilidad ecológica y afinidad edafoclimática. Para la reubicación se priorizarán áreas de conservación contiguas, sitios definidos como prioritarios para la restauración por la CONABIO o zonas estratégicas para la recarga de acuíferos dentro de la misma cuenca hidrográfica.

6. Monitoreo y evaluación de sobrevivencia: Ejecución de visitas periódicas a los sitios de reubicación para evaluar la adaptación de los individuos trasplantados, medir tasas de sobrevivencia y aplicar riegos de auxilio o medidas correctivas en caso de detectar estrés fisiológico.

Objetivo: Minimizar la pérdida de biodiversidad vegetal mediante el rescate, propagación y reintroducción exitosa de individuos juveniles viables y germoplasma, garantizando la conservación de especies protegidas y el restablecimiento de los servicios ecosistémicos.

Periodicidad de implementación: Programada y secuencial. El rescate se realizará de forma preventiva antes del desmonte. El resguardo será continuo durante la obra, y el monitoreo será periódico posterior al trasplante.

Plazo de ejecución:
• Rescate: 6 meses (previo a las actividades de desmonte).
• Resguardo en vivero: 12 meses (o hasta que las condiciones climáticas sean óptimas para la reubicación).
• Monitoreo y seguimiento: 3 años a partir de la reubicación física de la flora.</td><td></td><td>
<table>
<tr><td>(Vivero y Campo)</td><td>libres de plagas, enfermedades severas o estrés hídrico.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Conservación de Especies NOM-059</td><td>Pérdida o mortandad de ejemplares listados bajo alguna categoría de riesgo (Amenazadas, Peligro de Extinción) por mal manejo.</td><td>Conteo de ejemplares NOM-059 muertos durante la extracción o resguardo.</td><td>Número de individuos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias sugeridas)
• Bitácora de Rescate de Flora: Base de datos digital e impresa con los campos estipulados en la medida (nombre científico, común, coordenadas de extracción, técnica, condiciones, estatus NOM-059 y coordenadas de reubicación final).
• Bitácoras o acta de reubicación de la flora
• Informes Anuales de Sobrevivencia: Reportes técnicos anuales de monitoreo, con análisis estadístico que demuestre que se ha alcanzado y mantenido la meta mínima del 80% de supervivencia en los sitios receptores.
• Planos del Vivero: Croquis y fotografías de la infraestructura del vivero temporal demostrando las zonas de cuarentena y el módulo específico de sombreado para orquídeas, bromelias y otras epífitas.
• Evidencia Fotográfica:
1. Proceso de extracción manual
2. Aplicación de tratamientos antihongos o enraizadores.
3. Ejemplares en el vivero.
4. El momento de la plantación final en el sitio receptor, mostrando los riegos de auxilio.</td></tr>
<tr><td>M09</td><td>Medida: M09 - Modelación espacial, diseño y construcción de pasos de fauna silvestre.

Para mitigar el efecto barrera y mantener la permeabilidad ecológica en el área de influencia del proyecto, se construirán pasos de fauna que brinden cruces seguros. Su ubicación y diseño no serán aleatorios, sino que responderán a un análisis espacial y cartográfico para identificar la red de conectividad ecológica.

El proceso técnico para la definición y construcción de estas estructuras se realizará mediante las siguientes actividades:</td><td>Dentro de la huella constructiva del proyecto, en donde se identifiquen sitios oportunos para la conectividad biológica de la fauna silvestre</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Modelación de conectividad espacial</td><td>Conclusión del estudio</td><td>Revisión del documento técnico y la cartografía de la red de conectividad generada.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Precisión en la ubicación de cruces</td><td>Proporción de los pasos de fauna construidos que coinciden espacialmente con la intersección modelado</td><td>(Pasos construidos en coordenadas dictaminadas / Total de pasos requeridos por el modelo) x 100</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

- Integración de bases de datos: Recopilación y sistematización de registros georreferenciados de fauna silvestre en el polígono de estudio. Las fuentes de información incluirán: resultados del monitoreo en campo mediante cámaras trampa, datos obtenidos durante el programa de rescate de fauna del proyecto, y la superposición de capas vectoriales provenientes del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB - CONABIO).

- Modelación de conectividad (Teoría de Circuitos): Procesamiento de los datos espaciales mediante algoritmos basados en la Teoría de Circuitos. Esta modelación permitirá obtener la red de conectividad ecológica, evaluando la resistencia del paisaje y revelando los flujos de movimiento (conectividad estructural y funcional) entre los distintos parches de hábitat.

- Análisis de centralidad y superposición cartográfica: Identificación de los parches de hábitat de mayor valor ecológico y ejecución de un análisis de centralidad para medir su importancia en el mantenimiento de la red. Posteriormente, se realizará la intersección espacial de los conectores ecológicos resultantes con el trazo definitivo del proyecto ferroviario, definiendo así las coordenadas exactas donde es imperativo habilitar los cruces.

- Diseño y construcción de las estructuras: Edificación de los pasos de fauna en los puntos de intersección validados. El diseño (dimensiones y tipo de estructura) se adaptará a las especies y a la rasante que marca el diseño del proyecto ejecutivo. Se incluirá la adecuación del entorno inmediato mediante revegetación con flora nativa y la instalación de cercado direccional (mallas de encauzamiento) para guiar a los individuos hacia la estructura y evitar su ingreso a la vía férrea.

Objetivo: Disminuir el efecto barrera generado por la infraestructura ferroviaria y mantener la conectividad estructural y funcional de los parches de hábitat, garantizando el libre y seguro desplazamiento de las poblaciones de fauna silvestre.

Periodicidad de implementación: Programada y secuencial. Iniciando con la modelación cartográfica en gabinete y concluyendo con la edificación de las obras civiles y su posterior vigilancia.

Avance de construcción física	Construcción estructural de los pasos de fauna proyectados conforme al calendario de obra civil.	(Pasos de fauna construidos / Pasos de fauna proyectados) x 100	Porcentaje (%) y Número de obras
Adecuación del entorno (Encauzamiento)	Proporción de pasos de fauna que cuentan con mallas direccionales instaladas y revegetación en sus accesos.	(Pasos de fauna con adecuación completa / Total de pasos construidos) x 100	Porcentaje (%)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Permeabilidad ecológica (Uso efectivo)	Frecuencia de cruces exitosos de fauna silvestre a través de las estructuras construidas.	Conteo de eventos de cruce completados registrados por las cámaras trampa instaladas en cada paso.	Número de cruces / mes
Adecuación estructural por grupo taxonómico	Presencia de las especies "objetivo" (identificadas en la modelación previa) utilizando efectivamente la estructura.	(Especies objetivo registradas cruzando / Especies objetivo esperadas según el modelo) x 100	Porcentaje (%)
Prevención de atropellamientos (Efecto barrera)	Mortalidad de fauna silvestre sobre la vía férrea en los tramos de influencia o colindantes a los pasos de fauna.	Conteo de cadáveres encontrados sobre las vías férreas en las zonas dictaminadas con conectividad.	Número de individuos (El objetivo es 0)

Medios de Verificación (Evidencias sugeridas)

- Estudio Cartográfico de Conectividad Ecológica: Documento que incluya las bases de datos utilizadas, metodología y los mapas resultantes de la ubicación de pasos de fauna.
- Planos de la ubicación de obras construidas, evidenciando las dimensiones (luz, gálibo, sustrato) adecuaciones para la fauna.
- Reportes de Monitoreo de Efectividad (Operación): Informes trimestrales o semestrales del primer año de operación que incluyan el análisis de las memorias, fotográficas de las cámaras trampa (fototrampeo), identificando taxonómicamente a los individuos que utilizan la estructura.
- Evidencia fotográfica:
  1. Secuencia de la construcción de los pasos de fauna
  2. Instalación del cerco direccional (mallas) para evitar que la fauna rodee la obra y suba a la vía.
  3. Labores de revegetación con flora nativa en las entradas y salidas del paso para generar cobertura y confianza en los animales.
  4. Capturas clave de las cámaras trampa mostrando a la fauna silvestre cruzando exitosamente.

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Plazo de ejecución:
Modelación espacial e identificación de sitios: 8 meses.
Construcción y adecuación de pasos de fauna: 4 meses (alineado al programa de terracerías y obra civil).
Monitoreo y seguimiento de efectividad: 1 año continuo durante el inicio de la etapa de operación del proyecto.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>M10</td><td>Medida: M10.- Acciones de monitoreo de la calidad del Aire

Se implementarán acciones de monitoreo ambiental para evaluar y controlar las emisiones de contaminantes, partículas suspendidas y presión sonora derivadas de las actividades constructivas.

5. Estimación de Emisiones a la Atmósfera

La calidad del aire se evaluará mediante métodos de medición indirecta, expresando los resultados en unidades de masa. Se monitorearán los siguientes gases y partículas:

a) Óxidos de Nitrógeno (NO_X)
b) Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)
c) Metano (CH_4)
d) Monóxido de carbono (CO)
e) Concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$
f) Dióxido de Azufre (SO_2)
g) Bióxido de Carbono equivalente (CO_2e)

Las estimaciones se realizarán a partir de la línea base del proyecto, utilizando métodos estequiométricos, balances de materiales y factores de emisión avalados por entidades científicas o gubernamentales reconocidas. Este procedimiento servirá como protocolo de control interno para compensar la falta de regulación específica sobre maquinaria móvil en la normativa vigente.

Para realizar estos cálculos, se recopilará información operativa en los distintos frentes de trabajo a través de una bitácora mensual. Esta registrará los siguientes datos por equipo:

a) Tipo de maquinaria, cantidad, marca y modelo.
b) Potencia neta (HP o kWh).
c) Horas efectivas de trabajo.
d) Tipo de combustible y consumo promedio.

6. Monitoreo de Niveles de Ruido (dBA)</td><td>Dentro del derecho de vía en los frentes de trabajo activos con mayor presencia de equipo y maquinaria</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table><tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr><tr><td>Estimación mensual de emisiones</td><td>Elaboración y entrega del reporte mensual calculando NOX, VOC, CH4, CO, PM10, PM2.5, SO2 y CO_2e mediante factores de emisión.</td><td>$\left(\frac{\text{Reportes de emisiones entregados}}{\text{Reportes programados (1 por mes)}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr><tr><td>Ejecución de monitoreo de ruido</td><td>Realización de mediciones sonométricas semanales (mínimo 15 min por evento) en los perímetros de mayor actividad.</td><td>$\left(\frac{\text{Semanas con sonometría ejecutada}}{\text{Semanas totales de trabajo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr><tr><td>Calibración y condiciones de medición</td><td>Uso de calibrador acústico previo a la jornada y suspensión de muestreos bajo lluvia o viento > 3 m/s.</td><td>Verificación en los reportes de campo de las bitácoras de calibración y datos meteorológicos.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr></table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table><tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr><tr><td>Control de emisiones acústicas</td><td>Niveles de presión sonora generados por la maquinaria evaluados frente a la NOM-080-SEMARNAT-1994.</td><td>Nivel Sonoro Continuo Equivalente ≤ Límite Máximo Permisible (LMP)</td><td>Decibeles (dB(A))</td></tr><tr><td>Implementación de mitigaciones por ruido</td><td>Adopción de medidas correctivas (ej. silenciadores, rotación de equipos, barreras) tras detectar rebases sonoros en los monitoreos.</td><td>$\left(\frac{\text{Rebases sonoros mitigados}}{\text{Total de rebases sonoros detectados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr><tr><td>Seguimiento de la Huella de Carbono / Emisiones</td><td>Cuantificación acumulada de Bióxido de Carbono equivalente (CO_2e) y contaminantes</td><td>Sumatoria de toneladas de CO_2e y contaminantes calculados en los reportes mensuales.</td><td>Toneladas (t) o Kilogramos (kg)</td></tr></table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CONSULTA PÚBLICA

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Se evaluarán los niveles de presión sonora generados por la maquinaria pesada para verificar que las emisiones acústicas no rebasen los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994, protegiendo así a los receptores sensibles y a la fauna silvestre aledaña.

Se utilizará un sonómetro, el cual deberá ser calibrado con un calibrador acústico antes de iniciar cada jornada. Las mediciones se realizarán en los límites perimetrales del polígono de obra donde se concentre una cantidad representativa de maquinaria en operación.

Se tomarán lecturas continuas durante un periodo mínimo de 15 minutos por evento, abarcando horarios representativos de la jornada laboral y registrando los datos operativos simultáneos.

El muestreo se suspenderá en caso de condiciones adversas que puedan alterar los resultados, como presencia de lluvia o vientos con velocidades superiores a los 3 m/s.

Con base en los resultados de ambos monitoreos, se tomarán las medidas de mitigación necesarias para controlar la generación de contaminantes en todas las etapas del proyecto.

Objetivo: Prevenir la contaminación atmosférica, salvaguardar la salud pública, proteger el equilibrio ecológico y garantizar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

Periodicidad de implementación: Los muestreos de ruido y la recopilación de datos de campo se ejecutarán con una frecuencia semanal. La integración de los datos, el cálculo indirecto de emisiones y el reporte se realizarán de forma mensual.

Plazo de ejecución: 36 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción.</td><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td>criterio respecto a la línea base del proyecto.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Eficiencia operativa de la maquinaria</td><td>Identificación y retiro/mantenimiento de equipos ineficientes que reporten consumos anómalos de combustible respecto a sus horas efectivas de trabajo.</td><td>Número de mantenimientos correctivos derivados del análisis de las bitácoras de consumo/emisión.</td><td>Número de intervenciones</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

• Bitácora de maquinaria y consumos: Archivo en formato digital (Excel) que concentre el censo de equipos activos, horas-máquina trabajadas y volumen de diésel o gasolina consumido.
• Reportes mensuales de estimación de emisiones que incluya la memoria de cálculo, citando las fuentes de los factores de emisión utilizados y la cuantificación másica de los gases (CH4, CO, NOx, SO2, VOC, PM10, PM2.5 y CO_2e).
• Informes sonométricos de campo: Hojas de registro de las mediciones de ruido perimetral. Con fecha, hora de inicio/término (mínimo 15 minutos), croquis de ubicación y resultados en dB(A).
• Evidencia fotográfica de las acciones realizadas
</td></tr>
<tr><td>M11</td><td>Medida: M11- Caracterización de suelo en los cadenamientos km 74+500 y km 76+500 del proyecto para identificación de contaminación de cromo hexavalente por pasivo ambiental de Química Central de México.

En la zona de influencia del proyecto existe un pasivo ambiental histórico atribuido a Química Central de México. Debido a que las obras del proyecto ferroviario requieren actividades de despalme, corte y movimiento de tierras en esta área, existe un riesgo inminente de remoción y exposición a suelos contaminados con cromo hexavalente [Cr(VI)], un metal pesado de alta toxicidad. Esta medida garantiza el cumplimiento</td><td>Dentro del derecho de vía del proyecto aproximadamente en el tramo del km 74+500 y km 76+500</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Ejecución del Muestreo (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004)</td><td>Extracción de las muestras superficiales y subsuperficiales en el tramo km 74+500 al 76+500.</td><td>(Muestras recolectadas / Muestras proyectadas) x 100</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Análisis por Laboratorio Acreditado</td><td>Las muestras son analizadas para cuantificación de Cr(VI) por un laboratorio con acreditación vigente de la EMA.</td><td>Verificación de los informes de resultados del laboratorio.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table></td></tr>
</table>





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

normativo ambiental y la protección de la salud ocupacional y pública durante la fase de preparación del sitio.

Considerado lo anterior, se propone realizar una caracterización de suelo en tres fases:

- Fase 1: Muestreo y Trabajo de Campo: Esta fase consiste en la recopilación de datos in situ, ejecutada una sola vez de manera exhaustiva.
  - Se diseñará un plan de muestreo dirigido (por conocimiento previo de la fuente de contaminación) conforme al Anexo A de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.
  - Trazado de polígonos de muestreo dentro del derecho de vía, abarcando el tramo del km 74+500 al km 76+500.
  - Toma de Muestras:
    1. Extracción de muestras de suelo superficial y subsuperficial en las áreas destinadas a cortes y despalmes.
    2. Uso de equipo de protección personal (EPP) nivel C para los técnicos muestreadores para prevenir inhalación de material particulado y contacto dérmico.
    3. Preservación, envasado y etiquetado de muestras aplicando la cadena de custodia rigurosa.
- Fase 2: Análisis de Laboratorio y Procesamiento de Datos. La integración y procesamiento de los datos se realizará una sola vez para determinar las acciones subsecuentes.
  - Las muestras serán analizadas por un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) para la cuantificación de cromo hexavalente.
  - Comparación de las concentraciones obtenidas contra las Concentraciones de Referencia (CR) establecidas en la NOM-147 para uso de suelo industrial/comercial o el aplicable al derecho de vía.
  - Finamente se emitirá de un reporte detallando los niveles de contaminación, perfiles de profundidad y volumen estimado de suelo impactado.
- Fase 3: Protocolo de Remediación y Manejo del suelo removido (Condicionado a resultados positivos)

  En caso de que el dictamen técnico confirme que el suelo está contaminado por encima de los límites máximos

Disposición final de suelo contaminado	En caso de positividad, volumen de suelo impactado que es enviado a un confinamiento controlado autorizado por SEMARNAT.	(Volumen enviado a confinamiento autorizado / Volumen total de suelo extraído) x 100	Porcentaje (%)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Caracterización del sitio	Emisión del dictamen técnico que compare las concentraciones de Cr(VI) contra las Concentraciones de Referencia (CR) de la norma aplicable al DDV.	Existencia y validación del Reporte Detallado de Niveles de Contaminación.	Cumple / No Cumple
Prevención de dispersión atmosférica	Ausencia de nubes de polvo fugitivo (resuspensión) gracias a la humectación controlada durante el despalme de la zona contaminada.	Reportes de dispersión aerodinámica de suelo fuera de los límites del derecho de vía.	Número de reportes (El objetivo es 0)
Seguridad en el transporte	Tránsito de camiones tipo tolva con suelo contaminado que circulen sin lona hermética o presenten derrames en ruta.	Número de unidades detectadas incumpliendo el protocolo de confinamiento hermético.	Número de unidades (El objetivo es 0)

Medios de Verificación (Evidencias sugeridas)

- Metodología de Muestreo y Reporte Técnico Final, conforme al Anexo A de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que incluya los perfiles de profundidad, delimitación del polígono impactado.
- Cadena de Custodia e Informes EMA: Documentos originales firmados que evidencien la preservación ininterrumpida de las muestras y el informe analítico del laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación.
- Manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos: (Condicionado a Fase 3).
- Evidencia Fotográfica:
  1. Técnicos realizando el muestreo y los cortes.
  2. Labores de humectación controlada (pipas) sobre el terreno antes y durante el trabajo de la maquinaria.
  3. Carga directa del material a los camiones tipo tolva y el enlonado hermético previo a su salida del frente de obra.

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>permitidos por la NOM-147, se realizaran las siguientes medidas previas y durante los movimientos de tierra:

▪ El suelo contaminado a remover será clasificado y manejado como residuo peligroso, de conformidad con la normativa aplicable.
▪ Se realizarán técnicas de remoción segura del suelo:
- Humectación controlada de la zona de despalme y corte para evitar la resuspensión de polvo fugitivo contaminado con cromo hexavalente.
- Restricción de acceso exclusivo a personal con EPP especializado.

▪ Confinamiento y disposición final del suelo contaminando:
- El suelo extraído será cargado directamente en camiones tipo tolva con recubrimiento y lona hermética para evitar dispersión durante su traslado.
- El material removido será enviado a un centro de confinamiento controlado para residuos peligrosos autorizado por la SEMARNAT. (queda sujeto al volumen de suelo extraído)
- De ser posible, se realizará tratamiento químico de reducción (transformación de Cr(VI) a Cr(III), que es menos tóxico y menos móvil) antes de su disposición o estabilización.

Objetivo: Identificar el grado de contaminación de cromo hexavalente de acuerdo con la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 dentro del derecho de vía del proyecto ferroviario, aproximadamente entre los cadenamientos km 74+500 al km 76+500 del proyecto ferroviario.

Periodicidad de implementación: Los muestreos para caracterización de suelo y la recopilación de datos de campo se ejecutarán una única vez (Previo al inicio de obra en la zona afectada). La integración de los datos, y procesamiento de los resultados una solo vez.

Plazo de ejecución: 1 meses para toma de muestras y 3 meses para procesamiento de datos y obtención de resultados, tratamiento y disposición del suelo contaminado conforme al programa de obra, durante etapa de despalme y cortes.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>C01</td><td>Medida: C01 - Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental Zona el Bajío

En alineación con los criterios del Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025-2030, se ejecutarán acciones de compensación dirigidas a la recuperación ecosistémica en las áreas designadas para tal fin. Las líneas de acción comprenderán:</td><td>En polígonos dentro de la región ecológica donde se inserta el proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Establecimiento de Reforestación</td><td>Superficie reforestada con especies nativas según la densidad y paleta vegetal autorizado.</td><td>$\left(\frac{\text{Superficie plantada}}{\text{Superficie total a compensar}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Hectáreas (ha)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

Obras de conservación de suelos y agua: Construcción de terrazas, zanjas de infiltración, bordos, muros de gavión y establecimiento de cercos vivos, orientadas a reducir la velocidad de la escorrentía superficial, mitigar la erosión edáfica y favorecer la recarga hídrica.

- Reforestación y revegetación: Recuperación de la cobertura vegetal mediante la plantación exclusiva de especies nativas (respetando la paleta vegetal regional), enfocadas en la estabilización de suelos y el aumento de la resiliencia del ecosistema.
- Mantenimiento forestal: Labores silviculturales continuas que garanticen el establecimiento y desarrollo de las especies plantadas, incluyendo riegos de auxilio, control de maleza competitiva, cajeteo y la reposición (replante) de los individuos muertos para asegurar el porcentaje de sobrevivencia exigido.
- Manejo de especies invasoras: Implementación de medidas para la contención y erradicación de flora exótica invasora mediante métodos mecánicos (arranque, poda), físicos o el uso de plaguicidas selectivos autorizados, evitando el desplazamiento de la flora nativa.
- Prevención y combate de incendios forestales: Capacitación y equipamiento de brigadas comunitarias locales para la prevención, control y restauración. Incluye la apertura y mantenimiento de brechas cortafuego, reducción de material combustible (necromasa) y campañas de concientización.

Monitoreo y evaluación adaptativa: Implementación de un sistema de seguimiento basado en indicadores ecológicos (porcentaje de sobrevivencia, cobertura vegetal, regeneración natural) y sociales (participación comunitaria). Estos datos permitirán aplicar acciones correctivas oportunas para garantizar el éxito de la restauración a largo plazo.

Objetivo: Compensar la pérdida de cobertura vegetal forestal derivada de las actividades de desmonte, restituyendo la estructura, función y los servicios ecosistémicos en áreas degradadas equivalentes.

Periodicidad de implementación: Ejecución física inicial (establecimiento de plantación y obras) por única vez, seguida de un programa de mantenimiento forestal, control de invasoras y monitoreo de sobrevivencia de forma periódica y continua.

Plazo de ejecución: El establecimiento de la plantación y la construcción de obras de conservación de suelo se ejecutará en un plazo de 3 a 6 meses. El mantenimiento forestal y el

Obras de conservación de suelos	Avance físico en la construcción de terrazas, zanjas, bordos o muros de gavión.	$\left(\frac{\text{Obras ejecutadas}}{\text{Obras proyectadas en el plan}}\right) \times 100$	Porcentaje (%) y Metros lineales (m) o cúbicos (m^3)
Mantenimiento forestal	Ejecución de las labores silviculturales (riegos, cajeteo, deshierbe, replante).	$\left(\frac{\text{Labores de mantenimiento ejecutadas}}{\text{Labores programadas en el periodo}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Prevención de incendios	Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego perimetrales e internas.	$\left(\frac{\text{Longitud de brechas habilitadas}}{\text{Longitud total de brechas de diseño}}\right) \times 100$	Porcentaje (%) y Kilómetros (km)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Supervivencia Forestal	Porcentaje de individuos vivos y en buen estado fitosanitario respecto a los plantados inicialmente (o tras el replante).	$\left(\frac{\text{Árboles vivos en parcelas de monitoreo}}{\text{Árboles plantados en parcelas de monitoreo}}\right) \times 100$	Porcentaje (%) (El objetivo exigido por SEMARNAT suele ser ≥ 70% u 80%)
Control de especies invasoras	Cobertura o presencia de flora exótica invasora compitiendo en el polígono de restauración.	Estimación visual o por cuadrantes de la superficie invadida por maleza exótica agresiva.	Porcentaje de cobertura (%) (El objetivo es ≤ 5%)
Estabilidad de Suelos	Eficiencia de las obras de conservación para retener azolves y prevenir el avance de cárcavas.	Número de obras (gaviones/zanjas) que presentan fallas estructurales o desbordamientos por erosión no controlada.	Número de incidencias (El objetivo es 0)
Protección contra incendios	Superficie del polígono de compensación afectada por incendios forestales.	Medición en campo o satelital de las hectáreas siniestradas dentro del área de conservación.	Hectáreas (ha) (El objetivo es 0)
Recuperación ecosistémica a largo plazo	Regeneración natural de la cobertura vegetal (reclutamiento de nuevas plántulas no plantadas por el proyecto).	Conteo de nuevos individuos de especies nativas por metro cuadrado o hectárea en años avanzados del monitoreo.	Individuos / ha

Medios de Verificación (Evidencias)

CONSULTA PÚBLICA





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>monitoreo ecológico se mantendrán vigentes por un periodo de 3 a 5 años (o en apego a los plazos que determine la autoridad ambiental).</td><td></td><td>Aviso de Término de Plantación (Reporte Inicial): Documento técnico entregado a la autoridad indicando que el 100% de la reforestación y las obras de suelo (etapa de 3 a 6 meses) han concluido, incluyendo la cartografía georreferenciada de los polígonos.
Informes Anuales de Supervivencia: Estudios de monitoreo técnico (usualmente apoyados en parcelas de muestreo estadístico) que validen el porcentaje de árboles vivos, el crecimiento promedio y la justificación de las actividades de replante.
Bitácoras de Mantenimiento: Registros de las jornadas de riego de auxilio, deshierbe y erradicación de especies invasoras.
Cartografía: Planos que demuestren visualmente el incremento de la cobertura vegetal y el trazado de las brechas cortafuego a lo largo de los años.
Actas y Evidencias de Socialización: Convenios firmados con ejidos o comunidades locales, listas de asistencia a talleres de educación ambiental, y fotografías de la entrega de herramientas a las brigadas forestales locales.</td></tr>
<tr><td>C02</td><td>Medida: C02 - Programa Integral de Compensación y Restauración Ambiental en zonas agrícolas, rurales y forestales

En alineación con los criterios del Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025-2030, se ejecutarán acciones de compensación dirigidas a la recuperación ecosistémica en las áreas designadas para tal fin. Las líneas de acción comprenderán:

Obras de conservación de suelos y agua: Construcción de terrazas, zanjas de infiltración, bordos, muros de gavión y establecimiento de cercos vivos, orientadas a reducir la velocidad de la escorrentía superficial, mitigar la erosión edáfica y favorecer la recarga hídrica.

Reforestación y revegetación: Recuperación de la cobertura vegetal mediante la plantación exclusiva de especies nativas (respetando la paleta vegetal regional), enfocadas en la estabilización de suelos y el aumento de la resiliencia del ecosistema.
Mantenimiento forestal: Labores silviculturales continuas que garanticen el establecimiento y desarrollo de las especies plantadas, incluyendo riegos de auxilio, control de maleza competitiva, cajeteo y la reposición (replante) de los individuos muertos para asegurar el porcentaje de sobrevivencia exigido.
Manejo de especies invasoras: Implementación de medidas para la contención y erradicación de flora exótica invasora mediante métodos mecánicos (arranque, poda), físicos o el uso de plaguicidas selectivos autorizados, evitando el desplazamiento de la flora nativa.
Prevención y combate de incendios forestales: Capacitación y equipamiento de brigadas comunitarias locales para la prevención, control y restauración.</td><td>En polígonos dentro de la región ecológica donde se inserta el proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Establecimiento de Reforestación</td><td>Superficie reforestada con especies nativas según la densidad y paleta vegetal autorizada.</td><td>$\left(\frac{\text{Superficie plantada}}{\text{Superficie total a compensar}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Hectáreas (ha)</td></tr>
<tr><td>Obras de conservación de suelos</td><td>Avance físico en la construcción de terrazas, zanjas, bordos o muros de gavión.</td><td>$\left(\frac{\text{Obras ejecutadas}}{\text{Obras proyectadas en el plan}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros lineales (m) o cúbicos (m^3)</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento forestal</td><td>Ejecución de las labores silviculturales (riegos, cajeteo, deshierbe, replante).</td><td>$\left(\frac{\text{Labores de mantenimiento ejecutadas}}{\text{Labores programadas en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Prevención de incendios</td><td>Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego perimetrales e internas.</td><td>$\left(\frac{\text{Longitud de brechas habilitadas}}{\text{Longitud total de brechas de diseño}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Kilómetros (km)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Supervivencia Forestal</td><td>Porcentaje de individuos vivos y en buen estado fitosanitario respecto a los plantados inicialmente (o tras el replante).</td><td>$\left(\frac{\text{Árboles vivos en parcelas de monitoreo}}{\text{Árboles plantados en parcelas de monitoreo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) (El objetivo exigido por SEMARNAT suele ser ≥ 70% u 80%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES

Incluye la apertura y mantenimiento de brechas cortafuego, reducción de material combustible (necromasa) y campañas de concientización.

- Monitoreo y evaluación adaptativa: Implementación de un sistema de seguimiento basado en indicadores ecológicos (porcentaje de sobrevivencia, cobertura vegetal, regeneración natural) y sociales (participación comunitaria). Estos datos permitirán aplicar acciones correctivas oportunas para garantizar el éxito de la restauración a largo plazo.

Objetivo: Compensar la pérdida de cobertura vegetal forestal derivada de las actividades de desmonte, restituyendo la estructura, función y los servicios ecosistémicos en áreas degradadas equivalentes.

Periodicidad de implementación: Ejecución física inicial (establecimiento de plantación y obras) por única vez, seguida de un programa de mantenimiento forestal, control de invasoras y monitoreo de sobrevivencia de forma periódica y continua.

Plazo de ejecución: El establecimiento de la plantación y la construcción de obras de conservación de suelo se ejecutará en un plazo de 3 a 6 meses. El mantenimiento forestal y el monitoreo ecológico se mantendrán vigentes por un periodo de 3 a 5 años (o en apego a los plazos que determine la autoridad ambiental).

Control de especies invasoras	Cobertura o presencia de flora exótica invasora compitiendo en el polígono de restauración.	Estimación visual o por cuadrantes de la superficie invadida por maleza exótica agresiva.	Porcentaje de cobertura (%) (El objetivo es ≤ 5%)
Estabilidad de Suelos	Eficiencia de las obras de conservación para retener azolves y prevenir el avance de cárcavas.	Número de obras (gaviones/zanjas) que presentan fallas estructurales o desbordamientos por erosión no controlada.	Número de incidencias (El objetivo es 0)
Protección contra incendios	Superficie del polígono de compensación afectada por incendios forestales.	Medición en campo o satelital de las hectáreas siniestradas dentro del área de conservación.	Hectáreas (ha) (El objetivo es 0)
Recuperación ecosistémica a largo plazo	Regeneración natural de la cobertura vegetal (reclutamiento de nuevas plántulas no plantadas por el proyecto).	Conteo de nuevos individuos de especies nativas por metro cuadrado o hectárea en años avanzados del monitoreo.	Individuos / ha

Medios de Verificación (Evidencias)

- **Aviso de Término de Plantación (Reporte Inicial): Documento técnico entregado a la autoridad indicando que el 100% de la reforestación y las obras de suelo (etapa de 3 a 6 meses) han concluido, incluyendo la cartografía georreferenciada de los polígonos.**
- **Informes Anuales de Supervivencia: Estudios de monitoreo técnico (usualmente apoyados en parcelas de muestreo estadístico) que validen el porcentaje de árboles vivos, el crecimiento promedio y la justificación de las actividades de replante.**
- **Bitácoras de Mantenimiento: Registros de las jornadas de riego de auxilio, deshierbe y erradicación de especies invasoras.**
- **Cartografía: Planos que demuestren visualmente el incremento de la cobertura vegetal y el trazado de las brechas cortafuego a lo largo de los años.**
- **Actas y Evidencias de Socialización: Convenios firmados con ejidos o comunidades locales, listas de asistencia a talleres de educación ambiental, y fotografías de la entrega de herramientas a las brigadas forestales locales.**

CLAVE	DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN	UBICACIÓN	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES
C03	**Medida C03.- Cortina vegetal sobre el derecho de vía** Se realizará una plantación lineal de dos hileras de árboles perennes dentro del derecho de vía férreo formando una cortina vegetal. Estas cortinas vegetales son una solución natural y efectiva para reducir el ruido en zonas urbanas que cruzará la vía férrea. Estas barreras verdes, funcionan como aislantes acústicos al absorber las ondas sonoras en lugar de reflejarlas.		**Parámetros de Verificación de Cumplimiento** **Parámetro Para Evaluar**: Establecimiento de la cortina vegetal **Indicador**: Longitud del derecho de vía en zonas urbanas reforestada con la doble hilera de árboles. **Fórmula / Método de Cálculo**: $\left(\frac{\text{Longitud lineal plantada}}{\text{Longitud total proyectada en zonas urbanas}}\right) \times 100$ **Unidad de Medida**: Porcentaje (%) y Metros lineales (m)





<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Estas soluciones no solo disminuyen el ruido, sino que también embellecerá el entorno urbano y mejora la calidad de vida de los residentes.

Objetivo: Compensar la pérdida de cobertura vegetal forestal derivada de las actividades de desmonte, restituyendo la estructura, función y los servicios ecosistémicos dentro del ANP.

Periodicidad de implementación: Ejecución física inicial (establecimiento de plantación y obras) por única vez, seguida de un del mantenimiento forestal, control de invasoras y monitoreo de sobrevivencia de forma periódica y continua.

Plazo de ejecución: El establecimiento de la plantación y la construcción de obras de conservación de suelo se ejecutará en un plazo de 3 a 6 meses. El mantenimiento y el monitoreo ecológico se mantendrán vigentes por un periodo de 3 a 5 años (o en apego a los plazos que determine la autoridad ambiental).</td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Mantenimiento y cuidado silvicultural</td><td>Ejecución de riegos, cajeteo y control de plagas.</td><td>$\left(\frac{\text{Labores de mantenimiento ejecutadas}}{\text{Labores programadas en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Programa de replante</td><td>Sustitución oportuna de los individuos muertos o enfermos para evitar huecos en la barrera acústica.</td><td>$\left(\frac{\text{Árboles muertos reemplazados}}{\text{Total de árboles muertos identificados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Sobrevivencia forestal</td><td>Porcentaje de individuos que se mantienen vivos, sanos y en crecimiento continuo.</td><td>$\left(\frac{\text{Árboles vivos}}{\text{Total de árboles plantados inicialmente}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) (El objetivo suele ser ≥ 80%)</td></tr>
<tr><td>Densidad de la barrera (Cobertura)</td><td>Desarrollo del follaje y cierre de copas que conforma la barrera física continua (sin huecos que permitan la fuga del sonido).</td><td>Estimación visual o fotogramétrica del porcentaje de cierre de follaje entre las hileras.</td><td>Porcentaje de cobertura (%)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)

Planos que muestren la ubicación de las cortinas vegetales
Informes Anuales de sobrevivencia: Reportes técnicos que documenten la tasa de supervivencia de los árboles, y el registro de las acciones de replante ejecutadas.
Evidencia Fotográfica:

Proceso de plantación
Labores de riego con pipas

Fotografías demostrando el crecimiento del follaje y ella barrera verde entre la vía férrea y las áreas aledañas.</td></tr>
<tr><td>C04</td><td>Medida: C04.- Acciones de Protección y Conservación de Suelos

Para mitigar la perdida de suelo por erosión hídrica, por acción de la lluvia y el viento como una consecuencia de la remoción de vegetación forestal, se llevará a cabo la construcción de presas de gaviones. Estas estarán ubicadas aproximadamente a 6 m del terraplén, aguas abajo de las obras de drenaje transversal, puentes y viaductos que presente corrientes de agua principalmente en zonas forestales. Estas obras de conservación ayudarán a disminuir la velocidad de los escurrimientos disminuyendo así el arrastre de sedimentos reteniendo el suelo erosionado.</td><td>Dentro del derecho de vía en los causes hídricos de mayor importancia que cruza el trazo del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Construcción de presas de gaviones</td><td>Avance físico en la instalación de presas de gaviones aguas abajo de las obras de drenaje transversal y puentes.</td><td>(Presas de gaviones construidas / Total de presas proyectadas en el plan) x 100</td><td>Porcentaje (%) y Número de obras</td></tr>
<tr><td>Apego a especificaciones de diseño</td><td>Las obras respetan la altura de 1 m y la separación aproximada de 6 m respecto al pie del terraplén.</td><td>Revisión de planos</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Programa de vigilancia y mantenimiento</td><td>Ejecución de las inspecciones periódicas a las obras durante</td><td>(Recorridos de vigilancia ejecutados / Recorridos</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA



<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Las presas de gaviones tendrán una altura de 1 m, con longitudes variables según la obra y la topografía del terreno. Se estima que cada metro lineal de la presa de gavión tendrá una capacidad de retención de 6.9 m³ de suelo. A continuación, se presentan los gaviones por tipo de obra:

Objetivo: Controlar la erosión hídrica y retener sedimentos mediante la construcción de presas de gaviones, con el fin de disminuir la velocidad de los escurrimientos superficiales, favorecer la infiltración de agua y garantizar la estabilidad, protección y conservación del suelo en el área de influencia del proyecto

Periodicidad de implementación: Continua y programada. La construcción se realizará conforme al calendario de obra posterior a la construcción de las obras de drenaje.

Plazo de ejecución: 3 meses para la construcción de las estructuras (etapa constructiva) y 2 años para las acciones de vigilancia y mantenimiento (correspondiente a la saturación de suelo de las obras).</td><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td>el periodo de 2 años (hasta su saturación).</td><td>programados en el periodo) x 100</td><td></td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Retención de suelo / sedimentos</td><td>Volumen de suelo erosionado que fue efectivamente capturado y retenido por la presa de gavión.</td><td>Estimación visual del volumen azolvado vs la capacidad de diseño (6.9 m^3/m lineal).</td><td>Metros cúbicos (m^3)</td></tr>
<tr><td>Prevención de erosión aguas abajo</td><td>Ausencia de formación de cárcavas, surcos profundos o pérdida de suelo forestal más allá de la presa de gavión.</td><td>Conteo de sitios que presenten erosión hídrica activa aguas abajo de la estructura.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Reducción de la velocidad de escurrimiento</td><td>Ausencia de procesos de socavación en la base de la presa de gavión que comprometan su estabilidad.</td><td>Número de presas que presenten socavación (descalce) en su cimentación por exceso de velocidad hídrica.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
• Planos: Documentos que comprueben la ubicación exacta de cada obra
• Evidencia Fotográfica:
1. Proceso constructivo (armado de las canastas, llenado con piedra y amarres).
Evidencia de cómo el gavión se va azolvando gradualmente, cumpliendo su función de retener el suelo y permitiendo el paso filtrado del agua</td></tr>
<tr><td>C05</td><td>Medida: C05.- Acciones de Manejo y Arbolado Urbano en la zona del Bajío

Con base en el trazo topográfico definitivo del proyecto, se identificará la totalidad de las áreas verdes y el arbolado urbano susceptible a afectación.

Cada ejemplar será evaluado para determinar su estado de salud, vigor, especie (nativa vs. exótica) y dimensiones. Con base en el dictamen, se tomará la decisión técnica para cada individuo:
• Poda: Preventiva o de aclareo para permitir el paso de maquinaria sin dañar la estructura principal del árbol.
• Reubicación (Trasplante): Para individuos sanos, de especies de alto valor ambiental y diámetro adecuado que puedan sobrevivir al proceso.</td><td>Áreas metropolitanas o áreas urbanas de Guanajuato con incidencia del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro Para Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Inventario y Dictaminación</td><td>Proporción del arbolado afectado que cuenta con un dictamen técnico individual (salud, vigor, especie, dimensiones).</td><td>$\left(\frac{\text{Árboles dictaminados}}{\text{Total de árboles susceptibles a afectación}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Apego al manejo técnico</td><td>Árboles podados, trasplantados o derribados en estricto apego a la recomendación del dictamen.</td><td>$\left(\frac{\text{Individuos manejados según dictamen}}{\text{Total de individuos intervenidos}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA



<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>

- Derribo: Exclusivo para árboles muertos, enfermos, especies exóticas invasoras, o aquellos donde el trasplante sea técnicamente inviable.

Compensación y Restauración Ecológica (Post-construcción)

Se realizará un análisis espacial para ubicar áreas verdes cercanas al proyecto en la zona del Bajío, o polígonos dentro de bosques urbanos aledaños que requieran restauración.

Posteriormente se llevará a cabo la plantación en los sitios seleccionados. La paleta vegetal estará compuesta por especies nativas adaptadas a los ecosistemas del bajío, garantizando su supervivencia y su función biológica.

El diseño de las áreas verdes compensatorias no será meramente estético, sino funcional, intercalando estratos arbustivos y herbáceos que provean alimento y refugio a la fauna silvestre desplazada temporalmente durante la obra.

Objetivo: Mitigar y compensar el impacto sobre la cobertura vegetal y el arbolado urbano en la zona del Bajío derivado del trazo del proyecto, mediante un manejo adecuado (poda, trasplante o derribo justificado) y la consolidación o restauración de áreas verdes urbanas con especies nativas. Esto con la finalidad de mantener la provisión de servicios ambientales, mejorar el paisaje urbano, mantener la conectividad ecológica y crear refugios para la fauna silvestre urbana local.

Periodicidad de implementación: La ejecución física inicial (establecimiento de la infraestructura verde, plantación y reubicación) se realizará por única vez.

Plazo de ejecución: Análisis del inventario y evaluación de los árboles a afectar se realizará en un plazo de 2 meses (previo al desmonte). Restauración: La preparación del sitio y restauración de las áreas verdes o bosques urbanos se realizará en un plazo de 6 a 8 meses (paralelo al fin de la obra civil).

</td><td></td><td>

Ejecución de la Compensación	Avance en la plantación y restauración en los polígonos/bosques urbanos seleccionados.	$\left(\frac{\text{Superficie o individuos plantados}}{\text{Meta de compensación autorizada}}\right) \times 100$	Porcentaje (%) y Hectáreas (ha)

Parámetros de Verificación de Eficacia

Parámetro Para Evaluar	Indicador	Fórmula / Método de Cálculo	Unidad de Medida
Supervivencia de Trasplantes	Porcentaje de individuos reubicados que se mantienen vivos, vigorosos y con evidencia de enraizamiento/brotación.	$\left(\frac{\text{Árboles trasplantados vivos}}{\text{Total de árboles trasplantados}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Supervivencia de la Reforestación	Porcentaje de nuevos individuos (compensación) vivos y en buen estado fitosanitario.	$\left(\frac{\text{Plantas vivas en áreas compensatorias}}{\text{Total de plantas establecidas}}\right) \times 100$	Porcentaje (%)
Recuperación de fauna urbana (Refugio)	Avistamiento o presencia de fauna silvestre local (aves, polinizadores, pequeños mamíferos) utilizando las áreas restauradas como refugio o fuente de alimento.	Conteo de especies/individuos registrados durante recorridos de monitoreo biológico en las nuevas áreas verdes.	Número de especies / Registros

Medios de Verificación (Evidencias)

Censo de Arbolado urbano a afectar: Documento elaborado y firmado por un especialista (biólogo, ingeniero forestal o arborista certificado) que incluya la ficha técnica y la justificación (Poda, Trasplante o Derribo) de los individuos a intervenir.

Análisis Espacial de Sitios de Compensación: Memoria técnica y cartografía (Sistemas de Información Geográfica - SIG) que justifique la selección de los bosques urbanos o áreas verdes aledañas en el Bajío para recibir la reforestación.

Bitácoras de Trasplante y Mantenimiento: Registros que documenten el proceso de banqueo, traslado y plantación de los individuos reubicados, así como las labores de riego de auxilio y aplicación de enraizadores/nutrientes.

Evidencia Fotográfica:

- Fotografías "Antes, Durante y Después" de las podas y derribos.
- Secuencia del proceso de reubicación de ejemplares mayores
- Evidencia del diseño paisajístico en los polígonos de compensación.

</td></tr>
<tr><td>C06</td><td>Medida: C06.- Acciones de Compensación al ANP Barranca de los Ríos Santiago y Verde</td><td></td><td>El alcance y descripción de esta medida están sujetos a las propuestas requeridas por la SEMADET en el estado de Jalisco. Una vez que dichas propuestas sean definidas y conciliadas entre promovente y SEMANDET, se presentara ante la autoridad ambiental.</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA





IV.3.3. Seguimiento y control

Para asegurar el cumplimiento de las medidas de control, prevención, mitigación y compensación ambiental, esta Promovente a través de la empresa que contrate para la ejecución de los trabajos contará con personal especialista en el área de supervisión y vigilancia de obra en materia ambiental, quienes darán el seguimiento puntual y permanente a todos los trabajos en el sitio del proyecto y a las medidas ambientales.

La supervisión ambiental registrará y documentará en las bitácoras respectivas, los avances de los trabajos de preparación del sitio y construcción del proyecto, así como los avances de cumplimiento a cada medida de control, prevención, mitigación, compensaciones propuestas. Ahora bien, para garantizar el debido cumplimiento en materia ambiental, adicionalmente la esta promovente designará a un responsable externo a la empresa contratista, encargado de realizar la supervisión ambiental del proyecto, con suficientes conocimientos y experiencia en materia ambiental.

IV.4 CONCLUSIONES

El proyecto denominado "Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500", enfocado en la construcción y operación de instalaciones que conforman la vía ferroviaria para el manejo y distribución de mercancías provenientes de la red de transporte de carga de la República Mexicana, se clasifica como una obra de impacto ambiental regional moderado y alto impacto socioeconómico. Esta categorización responde a la magnitud de las actividades constructivas y operativas asociadas, las cuales abarcan desde la preparación del sitio (desmonte y despalme) y la conformación del terreno (excavaciones, cortes, nivelaciones y compactación), hasta la edificación de infraestructura y la operación logística del sistema.

El diagnóstico y la evaluación ambiental permitieron identificar que los principales impactos negativos se concentran de manera puntual y parcial en el Área del Proyecto (AP). Las alteraciones más significativas inciden sobre la fauna geomorfología y edafología (riesgo de hundimiento por compactación y pérdida de materia orgánica), la hidrología (impermeabilización, reducción de infiltración y modificación de patrones de escurrimiento), así como sobre el componente biótico, manifestándose en la pérdida de cobertura vegetal, la afectación de individuos listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el ahuyentamiento de fauna, el efecto-barrera y la fragmentación del hábitat. Asimismo, se identificaron presiones socioambientales derivadas del cambio de uso de suelo y la alteración de la calidad del paisaje.

No obstante, al escalar el análisis a nivel de la Región Ecológica (RE), se determina que dichos impactos presentan una menor magnitud, ostentando un carácter predominantemente indirecto y de acumulación simple. La extensión territorial de la región y la capacidad de resiliencia de los ecosistemas circundantes permiten amortiguar estas alteraciones. La comparativa espacial evidencia que, si bien los efectos son localmente severos durante la preparación del sitio y la construcción, su influencia regional es limitada y altamente susceptible de ser controlada y mitigada.

CONSULTA PÚBLICA





Para garantizar este control, las medidas de prevención, mitigación y compensación dictadas se orientan a reducir drásticamente la intensidad y extensión de los impactos. Destacan entre ellas: la delimitación estricta de las áreas de afectación operativa para evitar disturbios innecesarios, la ejecución de acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, la implementación de un sistema de drenaje pluvial, el manejo integral de residuos y sustancias peligrosas, así como un robusto acciones de reforestación compensatoria. Estas acciones conforman un enfoque preventivo y correctivo diseñado para mantener la funcionalidad ecológica del sistema selvático.

A la par, el seguimiento ambiental se establece como el instrumento fundamental y obligatorio para verificar el cumplimiento técnico de estas medidas. A través del seguimiento riguroso de indicadores específicos y el monitoreo periódico de los componentes ambientales (suelo, agua, flora, fauna y dinámica socioeconómica), se garantiza la detección oportuna de desviaciones y la aplicación de acciones correctivas, asegurando un proceso de mejora continua en la gestión ambiental del proyecto.

Bajo un enfoque integral, es imperativo subrayar que la vía ferroviaria representa beneficios socioeconómicos de alta relevancia. El proyecto impulsará la conectividad regional, optimizará los tiempos de traslado de mercancías y contribuirá sustancialmente a la disminución de emisiones atmosféricas al promover la transición del transporte carretero hacia el transporte ferroviario de carga. Sumado a la generación de empleos directos e indirectos y al ordenamiento logístico, estos beneficios superan los costos ambientales locales y contribuyen directamente al desarrollo sostenible de la región.

En conclusión, tras medir la naturaleza de los impactos identificados, su distribución espacial entre el Área del Proyecto y la Región Ecológica, y la efectividad proyectada del conjunto de medidas de mitigación y compensación, el proyecto "Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara, Sección: 0+000 al 245+500" se dictamina como técnica, ambiental y socialmente viable. Su ejecución, condicionada al estricto apego a la normatividad ambiental vigente y a los instrumentos de manejo aquí propuestos, permitirá una adecuada integración de la infraestructura con su entorno, salvaguardando los procesos ecológicos clave y asegurando la sostenibilidad de los recursos naturales.

CONSULTA PÚBLICA



IV.5 BIBLIOGRAFÍA

(C)

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill.

Comisión Nacional del Agua. (2024). Estadísticas del agua en México 2024. Comisión Nacional del Agua.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2016). Capital natural de México. Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO.

Conesa Fernández-Vítora, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4.ª ed., revisada y ampliada). Mundi-Prensa.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (2023). The CITES Appendices. https://cites.org

(D)

Dingman, S. L. (2015). *Physical Hydrology* (3rd ed.). Waveland Press.

(F)

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34*, 487-515.

Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Springer.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). Status of the World's Soil Resources. FAO.

Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.

(G)

Glasson, J., Therivel, R., & Chadwick, A. (2013). *Introduction to Environmental Impact Assessment* (4th ed.). Routledge.

(I)

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2023). Sistema de Información Cultural. Zonas arqueológicas de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI.

CONSULTA PÚBLICA

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII. INEGI.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. IPCC.

International Union for Conservation of Nature. (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. https://www.iucnredlist.org

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact (U.S. Geological Survey Circular 645). U.S. Geological Survey.

(M)

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.

Milne, B. T., Johnston, K. M., Forman, R. T. T., & Keller, C. M. (1996). Landscape representation, ecological processes and land-use planning. En R. G. Wright (Ed.), National Parks and Protected Areas: Their Role in Environmental Protection (pp. 249–267). Blackwell Science.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2012). Guía Metodológica para Estudios de Paisaje.

(P)

Pedraza, J. (1996). *Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones*. Rueda.

Primack, R. B. (2020). Essentials of Conservation Biology (7th ed.). Sinauer Associates.

(R)

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México (1.ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

(S)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo.

CONSULTA PÚBLICA



Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020–2024.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. SEMARNAT.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Diario Oficial de la Federación.

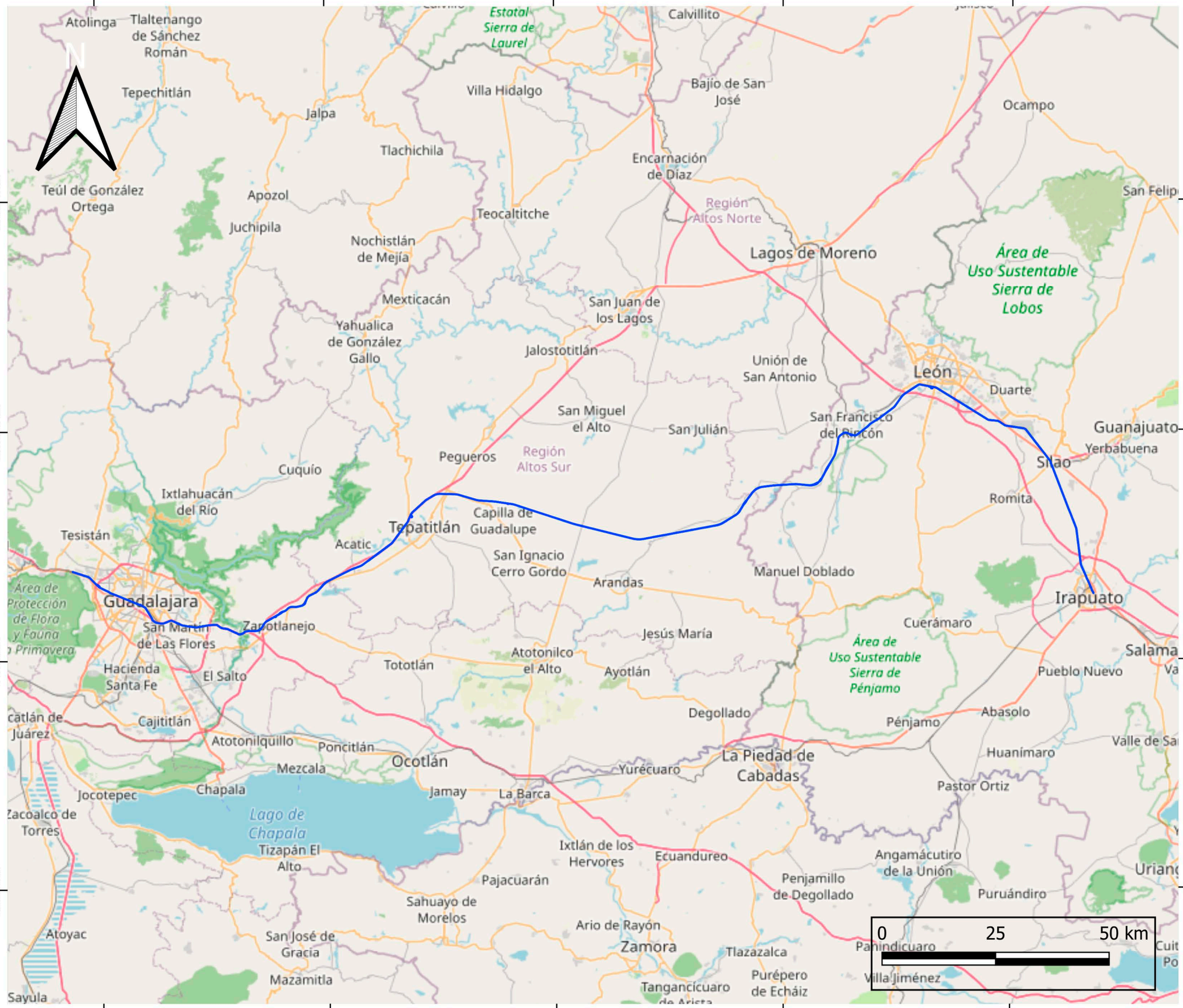
(T)

Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2020). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física (12.ª ed.). Pearson.

Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. Springer.

CONSULTA PÚBLICA





Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Manifestación de impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) Para el Proyecto:

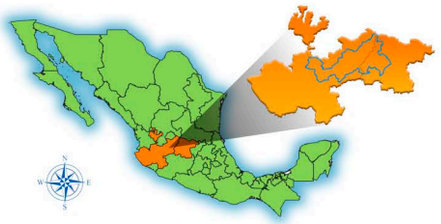
Tren de Pasajeros Irapuato - Guadalajara, Sección 1: 0+000 al 245+500

MAPA: Área del proyecto

Simbología

Área del proyecto

Ubicación



Macroescala: 1,000,000.
Datos vectoriales: Información vectorial proporcionada por el promovente.
Mapa base: Mapa de Bing en formato terrain (2026).
Sistema de coordenadas: WGS84 1984 UTM32613 zone 13N.
Proyección: Lambert conformal Conic (LCC).
Datum: ITRF2008.
Fecha de elaboración: Agosto 2026

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Manifestación de impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) Para el Proyecto:

Tren de Pasajeros Irapuato - Guadalajara, Sección 1: 0+000 al 245+500

MAPA: Municipios con incidencia en el Proyecto

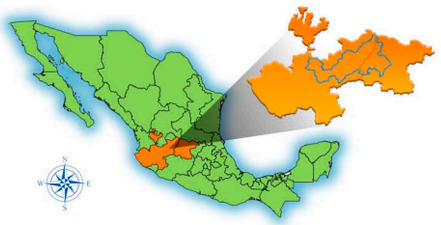
Simbología

- Área del proyecto

Municipios

- 1-Irapuato
- 2-Silao de la Victoria
- 3-León
- 4-San Francisco del Rincón
- 5-Purísima del Rincón
- 6-San Diego de Alejandría
- 7-Arandas
- 8-San Ignacio Cerro Gordo
- 9-Tepatitlán de Morelos
- 10-Acatic
- 11-Zapotlanejo
- 12-Tonalá
- 13-San Pedro Tlaquepaque
- 14-Guadalajara
- 15-Zapopan

Ubicación



Macroescala: 1,000,000.
Datos vectoriales: Información vectorial proporcionada por el promovente.
Mapa base: Mapa de Bing en formato terrain (2026).
Sistema de coordenadas: WGS84 1984 UTM32613 zone 13N.
Proyección: Lambert conformal Conic (LCC).
Datum: ITRF2008.
Fecha de elaboración: Agosto 2026

proAire



Jalisco
2014 - 2020

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

**Al margen un sello que dice: Gobierno de Jalisco. Poder Ejecutivo.
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial.
Estados Unidos Mexicanos**.

Agradecimientos

A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales **(SEMARNAT)**, especialmente a la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes **(DGGCARETC)** por el apoyo para la realización de este trabajo.

Agradecemos a las autoridades, técnicos e investigadores de las diversas instancias del sector gubernamental, privado, académico y social, que participaron en los talleres del ProAire Jalisco, aportando su conocimiento y experiencia para la formulación de este programa:

Secretaría de Salud Jalisco
Secretaría de Vialidad y Transporte
Secretaría de Educación
Ayuntamiento de Ameca
Ayuntamiento de El Salto
Ayuntamiento de Guadalajara
Ayuntamiento de Ocotlán
Ayuntamiento de Tamazula
Ayuntamiento de Tepatitlán
Ayuntamiento de Tlajomulco
Ayuntamiento de Tlaquepaque
Ayuntamiento de Tonalá
Ayuntamiento de Zapopan
Ayuntamiento de Zapotlanejo
Ayuntamiento de Zapotlán el Grande
Asociación de Industriales de El Salto A.C.
Casa Herradura
Consejo de Cámaras Industriales de Jalisco
Cementos Mexicanos
Centro Mario Molina
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.
Ingenio de Tala S.A.
Ingenio de Tamazula
Ingenio San Francisco Ameca
Petróleos Mexicanos
SIAFASE
Sistema de Tren Eléctrico Urbano
Tequila Patrón
Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco
Universidad Tecnológica de Jalisco

D.R. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET)
Av. Circunvalación Agustín Yáñez, No. 2343, Col. Moderna,
C.P. 44130, Guadalajara, Jalisco, México.

ÍNDICE

ÍNDICE 4

1.- ANTECEDENTES 14

1.1 PROBLEMÁTICA ATMOSFÉRICA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA. 14
1.2 GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO 19
1.2.1 Normatividad en Materia de Atmósfera 22
1.2.2 Reglamentos en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica 22

2.- GENERALIDADES 25

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 25
2.2 MEDIO FÍSICO 28
2.2.1 Orografía y Relieve 28
2.2.2 Clima 31
2.2.3 Precipitación pluvial y humedad relativa 32
2.2.4 Inversiones térmicas (IT) 33
2.2.5 Temporada de estiaje 35
2.2.6 Cuencas Atmosféricas 37
2.3 MEDIO NATURAL 39
2.3.1 Uso de Suelo 39
2.3.2 Incendios Forestales 41
2.3.3 Cenizas Volcánicas 42
2.4 DESARROLLO SOCIAL 43
2.4.1 Demografía del Estado de Jalisco 43
2.4.2 Población por Regiones 45
2.4.3 Futuro Demográfico 46
2.4.4 Distribución de la Población Sensible 47
2.4.5 Dínamica Urbana 48
2.4.6 Vías de Comunicación 48
2.4.7 Número de Viajes por Tipo de Transporte 50
2.4.8 Transporte Particular 50
2.4.9 Transporte Público 52
2.4.10 Sistema Ferroviario y Aéreo 54
2.5 DESARROLLO ECONÓMICO 55
2.5.1 Sector Primario 56
2.5.2 Sector Secundario o Industrial 57
2.5.3 Sector Terciario o Comercial y de Servicios 58
2.6 CONSUMO ENERGÉTICO 59

3.- INVENTARIO DE EMISIONES 62

3.1 INVENTARIO DE EMISIONES 62
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INVENTARIO 62
3.2.1 Descripción de las Categorías de las Fuentes de Emisión 63
3.3 INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 65
3.3.1 Inventario de Emisiones Desagregado 67
3.4 ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE EMISIONES POR CATEGORÍA 74
3.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL 77
3.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO 84
3.7 INDICADORES Y TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE 90
3.7.1 Partículas Suspendidas 92

3.7.2 Ozono (O_3) 97
3.7.3 Monóxido de Carbono (CO) 102
3.7.4 Óxidos de nitrógeno (NO_X) 106
3.7.5 Bióxido de Azufre (SO_2) 109
3.7.6 Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) 114
3.8 DIAGNÓSTICO DE LA SALUD EN JALISCO 114

4.- OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS 118

4.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA 118
4.1.1 Objetivos Específicos 118
4.2 EJES ESTRATÉGICOS 118
EJE ESTRATÉGICO 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMOSFERA 122
EJE ESTRATÉGICO 2. GOBERNANZA 176
EJE ESTRATÉGICO 3. FORTALECIMIENTO INSTITUCIÓNAL 183
EJE ESTRATÉGICO 4. GENERACIÓN Y APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO. 205
EJE ESTRATÉGICO 5. PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN 213

5.- ESTRATEGIAS DE SEGUIMIENTO Y FINANCIAMIENTO 220

5.1 FINANCIAMIENTO 220
5.2 ESQUEMAS LOCALES DE FORTALECIMIENTO FINANCIERO 225

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 226

GLOSARIO 229

ANEXO A.- NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE 232

ANEXO B.- DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES MÓVILES 237

ANEXO C.- MEMORIA DE CÁLCULO 241

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE. 18
TABLA 2. NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES. 21
TABLA 3. REGIONES ADMINISTRATIVAS DE JALISCO. 26
TABLA 4.- TOPOGRAFÍA DE LOS MUNICIPIOS PARTICIPANTES AL INTERIOR DEL ESTADO. 30
TABLA 5. TIPO DE CLIMAS DEL ESTADO DE JALISCO. 31
TABLA 6. NUEVO USO PARA LA SUPERFICIE AUTORIZADA (HECTÁREAS) 41
TABLA 7. ENTIDADES FEDERATIVAS CON MAYOR NÚMERO DE 42
TABLA 8. FLOTA VEHICULAR DE LAS ZONAS DE ESTUDIO. 51
TABLA 9. AUTOBUSES EN EL AMG. 52
TABLA 10. TAXIS EN EL AMG. 53
TABLA 11. PORCENTAJE ESTATAL DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES. 59
TABLA 12. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL IE. 63
TABLA 13. INVENTARIO DE EMISIONES, AÑO BASE 2008. 65
TABLA 14. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CADA CATEGORÍA DEL AÑO 2008 66
TABLA 15. INVENTARIO DE EMISIONES DESAGREGADO, AÑO BASE 2008. 68
TABLA 17. CALENDARIO DE TRABAJO DE LA UMMA 2009-2012. 86
TABLA 18. EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE JALISCO (SIMAJ). 87
TABLA 19. EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE JALISCO (SIMAJ). 88
TABLA 20. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL AMG; EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS Y NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE SE REBASAN LOS VALORES NORMADOS, 2011. 91
TABLA 21. DISTRIBUCIÓN DE CASOS DE ENFERMEDADES EN LA POBLACIÓN DE JALISCO (2004-2008). 116
TABLA 22. RESUMEN DE EJES ESTRATÉGICOS Y MEDIDAS. 119
TABLA 23. TIPOS DE FINANCIAMIENTO DISPONIBLES. 221

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II.1. LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO, DENTRO DEL ESTADO DE JALISCO Y SUS REGIONES. 27
FIGURA II.2. FISIOGRAFÍA DEL ESTADO DE JALISCO (PROVINCIAS Y SUBPROVINCIAS). 28
FIGURA II.3. OROGRAFÍA DE LA AMG. 29
FIGURA II.4. INVERSIÓN TÉRMICA. 33
FIGURA II.5. CUENCAS ATMOSFÉRICAS DE JALISCO. 37
FIGURA II.6. DINÁMICA DE VIENTOS DIRECCIÓN OESTE A SUROESTE DE JULIO A OCTUBRE EN EL AMG Y ROSA DE VIENTOS DOMINANTES DEL AMG (1985 – 1990), PORCENTAJE Y DIRECCIÓN. 38
FIGURA II.7. UBICACIÓN DE ECOSISTEMAS CON BMM EN LA SIERRA MADRE DEL SUR Y FRANJA NEOVOLCÁNICA DE JALISCO. 40
FIGURA II.8. VISTA DEL BOSQUE DE QUERCUS EN LAS LADERAS SUR DE CERRO VIEJO Y SU TRANSICIÓN CON EL BOSQUE ESPINOSO, EN EL FONDO VALLE AGRÍCOLA DE ZAPOTITLÁN DE HIDALGO. 40
FIGURA II.9. CAPACIDAD EN VIALIDADES DE LA AMG. 49
FIGURA II.10. MEDIO DE TRANSPORTE UTILIZADO POR LA POBLACIÓN EN JALISCO. 50

FIGURA II.11. AUTOBÚS DENOMINADO “PRETREN”. 54
FIGURA II.12. VISTA GENERAL DEL MACROBÚS. 54
FIGURA II.13. EJEMPLO DE CULTIVOS DE AGAVE TEQUILANA WEBER Y RECOLECCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR. 56
FIGURA II.14. HORNOS DE LAS LADRILLERAS Y PREPARACIÓN DE LOS LADRILLOS. 58
FIGURA III.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PM_{10}. 78
FIGURA III.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE SO_2. 80
FIGURA III.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CO. 81
FIGURA III.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NO_X. 82
FIGURA III.5. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE COV. 83
FIGURA IV.1. DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO EN LA ZMG. INCLUYE ESTACIÓNES DE MONITOREO Y PANTALLAS INFORMATIVAS. 85
FIGURA IV.2.PANTALLA INFORMATIVA LAS ÁGUILAS (IZQUIERDA) Y UNIDAD MÓVIL DE MONITOREO ATMOSFÉRICO (DERECHA). 86
FIGURA IV.3.PRINCIPALES PROBLEMAS DE CALIDAD DEL AIRE EN 2009. 90

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. NÚMERO DE DÍAS FUERA DE LA NORMA DE O_3 Y PM_{10}. 17
GRÁFICA 2. DÍAS ARRIBA DE 100 PUNTOS IMECA. 19
GRÁFICA 3. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (PERÍODO 1941-2005), CONTRA LAS CONCENTRACIONES DE PM_{10} DURANTE EL 2008. 32
GRÁFICA 4. FRECUENCIA PROMEDIO MENSUAL DE INVERSIONES TÉRMICAS 34
GRÁFICA 5. FRECUENCIA PROMEDIO MENSUAL DE INVERSIONES TÉRMICAS EN EL AMG 36
GRÁFICA 6. POBLACIÓN DE JALISCO (POBLACIÓN TOTAL POR AÑO). 44
GRÁFICA 7. PORCENTAJE POBLACIONAL POR REGIÓN. 45
GRÁFICA 8. CAMBIO RELATIVO DE LA POBLACIÓN EN LAS REGIONES DE JALISCO 46
GRÁFICA 9. POBLACIÓN OCUPADA POR CADA UNO DE LOS TRES SECTORES. 56
GRÁFICA 10. PORCENTAJE DE EMISIONES DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA, POR CONTAMINANTE. 65
GRÁFICA 11. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CADA CATEGORÍA, AL TOTAL DE LAS EMISIONES. 67
GRÁFICA 12.- EMISIONES ANUALES DE FUENTES FIJAS PARA EL ESTADO DE JALISCO, 2008. 74
GRÁFICA 13.- EMISIONES ANUALES DE FUENTES MOVILES PARA EL ESTADO DE JALISCO, 2008 75
GRÁFICA 14.- EMISIONES ANUALES DE FUENTES DE ÁREA PARA EL ESTADO DE JALISCO, 2008 76
GRÁFICA 15. COMPORTAMIENTO DE LAS PM_{10} A LO LARGO DEL DÍA. 93
GRÁFICA 16. COMPORTAMIENTO DE LAS PM_{10} EN LA ESTACIÓN DE LAS PINTAS DURANTE EL AÑO DE 2013. 94
GRÁFICA 17. COMPORTAMIENTO DEL OZONO A LO LARGO DE UN DÍA ÓPTIMO PARA SU GENERACIÓN, ESTACIÓN VALLARTA 2013. 98
GRÁFICA 18. COMPORTAMIENTO DEL O_3 EN LA ESTACIÓN DE VALLARTA DURANTE EL AÑO DE 2013. 99
GRÁFICA 19. COMPORTAMIENTO DEL CO DURANTE EL DÍA. 103
GRÁFICA 20. COMPORTAMIENTO DEL CO EN EL TRANSCURSO DEL AÑO. 104
GRÁFICA 21. COMPORTAMIENTO DEL NO_2 DURANTE EL DÍA. 107
GRÁFICA 22. COMPORTAMIENTO DEL NO_2 EN EL TRANSCURSO DEL AÑO. 107
GRÁFICA 23. COMPORTAMIENTO DEL SO_2 DURANTE EL DÍA. 110
GRÁFICA 24. COMPORTAMIENTO DEL SO_2 EN EL TRANSCURSO DEL AÑO. 111
GRÁFICA 25. CAMBIO (%) EN MORTALIDAD / 10 $\mu G/M^3$ DE PM_{10}. 115

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMG Área Metropolitana de Guadalajara.

BMM Bosque Mesófilo de Montaña.

CEIT Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y Transporte.

CFE Comisión Federal de Electricidad.

CIATEJ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseños del Estado de Jalisco.

COFEPRIS Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

COEPO Consejo Estatal de Población.

CONAPO Consejo Nacional de Población.

COA Cédula de Operación Anual.

CN Comité Núcleo.

CO Monóxido de Carbono.

CONABIO Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.

CONAGUA Comisión Nacional de Agua.

CONAFOR Comisión Nacional Forestal.

COV Compuestos Orgánicos Volátiles.

DGGCARETC Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

FA Fuentes de Área.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

GLP Gas Licuado de Petróleo.

GWh Giga Watt Hora.

HCT Hidrocarburos Totales.

IE Inventario de Emisiones.

IECCEJ Inventario de Contaminantes Criterio del Estado de Jalisco 2008

IIEG Instituto de Información Estadística y Geográfica

INECC Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEM 2005 Inventario Nacional de Emisiones de México 2005.

INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

IMECA Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.

KRV Kilómetros Recorridos por tipo de Vehículo.

LAU Licencia Ambiental Única

LGEEPA Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

LEEEPA Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco.

NAE Norma Estatal Ambiental

NOM Normas Oficiales Mexicanas.

NO_X Óxidos de Nitrógeno.

OCOIT Organismo Coordinador de la Operación Integral del Servicio de Transporte Público.

OETJ Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco.

O_3 Ozono.

PEA Población Económicamente Activa.

PED Plan Estatal de Desarrollo 2013-2033

PEDJ Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030

$PM_{2.5}$ Partículas menores o iguales a 2.5 micrómetros.

PM_{10} Partículas Menores a 10 Micras.

PEMEX Petróleos Mexicanos.

PST Partículas Suspendidas Totales.

ProAire Jalisco 2014-2020 Programa para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Jalisco.

PROFEPA Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

PROEPA Procuradora Estatal de Protección al Ambiente.

PIB Producto Interno Bruto Nacional.

RAMAG Red de Monitoreo Atmosférico de Guadalajara

SIMAJ Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco

SEDESOL Secretaría de Desarrollo Social.

SCT Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SEPAF Secretaría de Planeación Administración y Finanzas

SEMADET Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial.

SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SENER Secretaría de Energía.

SIOP Secretaría de Infraestructura y Obra Pública

SO_x Óxido de Azufre.

SEMOV Secretaría de Movilidad.

TMP Temperatura.

UMMA Unidad Móvil de Monitoreo Atmosférico.

UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UTJ Universidad Tecnológica de Jalisco.

WDR Dirección del Viento.

WSP Velocidad del Viento.

ZE Zonas de Estudio.

ZMVM Zona Metropolitana del Valle de México.

ZMVT Zona Metropolitana del Valle De Toluca.

proAire



1

Antecedentes

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

1.- ANTECEDENTES

1.1 PROBLEMÁTICA ATMOSFÉRICA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA.

En México se ha presentado una fuerte tendencia a la formación de zonas conurbadas. La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) señala que en el país existen 56 zonas metropolitanas, destacando por ser motores del desarrollo económico regional y nacional, así como por su gran diversidad servicios, las siguientes:

- *La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM),*
- *El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG),*
- *La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) y*
- *El Área Metropolitana de Monterrey (AMM).*

En las principales zonas metropolitanas de México en materia de contaminación atmosférica, aún no se cuenta con mecanismos eficaces de coordinación intersectorial e intergubernamental para la gestión de la calidad del aire; lo cual ha obstaculizado la implementación de estrategias que contribuyan a mejorar la calidad atmosférica.

El AMG no se encuentra exenta de dicha problemática, la falta de una adecuada planeación urbana y el crecimiento acelerado tanto de la población como de la flota vehicular, son factores determinantes en el incremento de molestias a causa de la deficiente calidad del aire al interior de la metrópoli.

Entre 1950 y 2010, la población jalisciense creció considerablemente, pasando de alrededor de 1 millón a 7.35 millones de habitantes. En 2010, el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) representó el 60% de la población total de Jalisco. El AMG está integrada por ocho municipios: Guadalajara, Zapopan, San PedroTlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos (PED, 2014) se concentra el 70% de la industria, el 60% del comercio y el 62% del parque vehicular, llegando a ser la segunda aglomeración de población más grande del país (INEGI, 2011).

Hasta antes de los años treinta, el Estado de Jalisco dependía fuertemente de las actividades comerciales y agropecuarias, siendo a partir de 1934 que se implementó un modelo de desarrollo industrial que prevaleció hasta hace unos pocos años; convirtiendo al AMG en un importante centro comercial y manufacturero, en tanto que en el resto de la entidad la principal actividad continuó siendo la agrícola.

La política de estímulos fiscales a las industrias que se instalaron en el AMG, se acompañó de un intenso proceso de modernización de las vías de comunicación y de la infraestructura de servicios, situación que provocó con ello un intenso flujo migratorio a partir de 1965, década en la cual el ritmo de crecimiento poblacional fue el más elevado.

De acuerdo con las cifras censales del 2010, emitidas por el INEGI, la población de Jalisco pasó de 1.75 millones de personas en 1950 a 3.2 millones en 1970 y requirió 35 años más para duplicarse nuevamente, llegando a 6.3 millones de habitantes en el 2000. Actualmente, se estima que en Jalisco habitan 7.3 millones de personas.

Con el aumento de la población, se presentó también un incremento de la flota vehicular, la cual en 1980 tenía una relación de 9.8 habitantes por automóvil (509 mil automóviles), mientras que para el año del 2010 llegó a 2.6 habitantes por automóvil, es decir 2.8 millones de autos (SEPAF, con datos de 2012). Guadalajara es el Municipio con mayor número de autos registrados (47%), seguido del Municipio de Zapopan (32%).

La Secretaría de Planeación Administración y Finanzas del Estado de Jalisco (SEPAF) estima que del total de la flota vehicular del AMG, cerca del 50% tiene una antigüedad mayor de 15 años y no cuentan con convertidor catalítico para el control de sus emisiones. Así mismo, conforme datos del Programa de Control de Emisiones Vehiculares de Jalisco, para el año del 2014, solamente el 12.13% de la flota vehicular del AMG había sido verificada (SEMADET, 2014).

Estas situaciones, vinculadas a la falta de una oportuna inversión en estructura vial y a la escasa generación de nuevas alternativas de movilidad para desalentar el uso del automóvil, han derivado en la generación de grandes cantidades de contaminantes al aire por parte de fuentes móviles, 97.85% del total de las emisiones de CO, el 63% de los NO_X y el 47% de los COV en el Estado de Jalisco.

Guadalajara y Zapopan representan los municipios con mayor número de comercios y servicios a nivel estatal, donde el sector terciario representa el 65% de la población ocupada[1], mientras que el 26% lo hace en el sector secundario o industrial[2] y solamente 9% se dedica a labores del sector primario o agrícola COEPO, 2011).

Si bien, la población económicamente activa (PEA) en el sector agropecuario se encuentra en menor proporción, el Estado se distingue por ser el primer lugar nacional en producción agrícola y agropecuaria, destacando los cultivos de maíz,

[1] Incluye comercio, servicios y transporte, trabajadores de gobierno y no especificado.
[2] Incluye industria de la construcción.

caña de azúcar y agaveesaltando el cultivo del maíz para grano, que cubre el 40% del total de la superficie sembrada y cosechada.

Otro cultivo de importancia en el Estado, es la caña de azúcar, debido a que durante 2008-2009 los seis ingenios presentes en los municipios de Ameca, Tala, Tamazula de Gordiano y Acatlán de Juárez, procesaron el 13% de la producción nacional, lo que representó grandes beneficios económicos a la entidad.

Desafortunadamente la práctica común de la quema de la caña de azúcar para aumentar la eficiencia de la labor de recolección del producto, han convirtiendo a esta actividad en una fuente importante de contaminación. Conforme al Inventario de Contaminantes Criterio del Estado de Jalisco del año 2008 esta actividad es considerada la más contaminante de las fuentes industriales, generando el 86% de las PM_{10}, el 89% de las $PM_{2.5}$ y el 95% de las emisiones de CO, generadas por este sector.

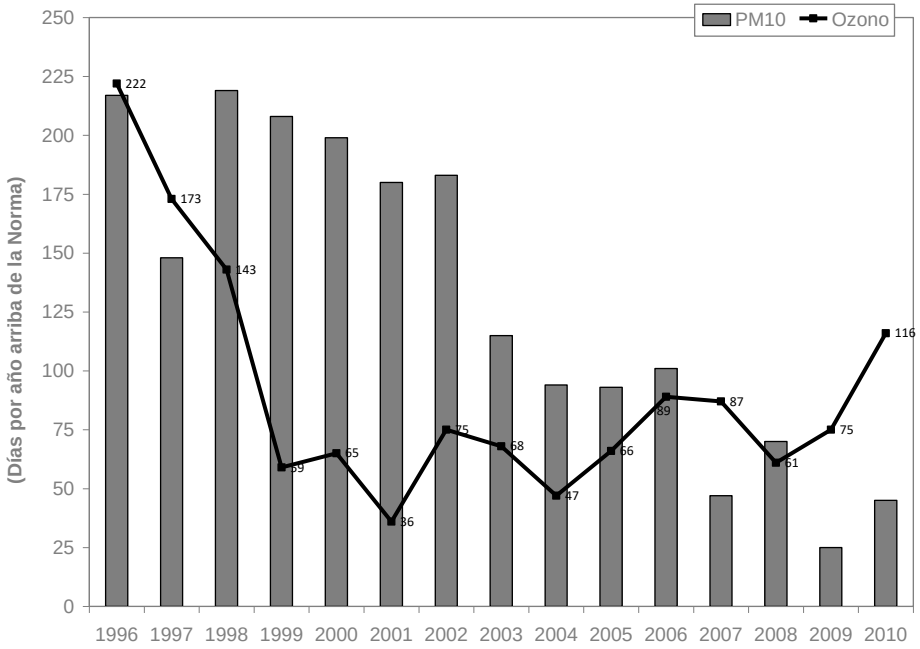
Con la finalidad de tener día a día un diagnóstico claro y representativo de la calidad del aire en el AMG, conforme el cumplimiento de estándares de calidad del aire nacionales e internacionales, en el año de 1993 se puso en marcha la RAMAG, siendo a partir de noviembre de 1995 que se cuenta con información sin interrupción y totalmente válida.

Del análisis histórico de la información sobre los niveles y las tendencias de los contaminantes criterio generada por la RAMAG, ahora SIMAJ (Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco), se puede establecer lo siguiente:

- *Durante los años de 1996 al 2010, las Partículas Menores de 10 Micras (PM_{10}) fueron el contaminante con mayor número de veces fuera de norma[3], teniendo un promedio de 130 días año por arriba de la norma, es decir el (36%) de los días del año, siendo los años de 1996 y 1998 los más contaminados, con 217 y 219 días fuera de la norma, respectivamente; y los años 2007 y 2009 los menos contaminados, con 47 y 25* (Gráfica 1. Número de días fuera de la Norma de O3 y PM10.).
- *El Ozono (O_3) es el segundo contaminante que más frecuentemente rebasa las normas de calidad del aire ambiente[4], presentando un promedio de 92 días fuera de norma de 1996 al 2010, es decir el 25% de los días del año, siendo los años de 1996 y 1997 los más contaminados con 222 y 173, respectivamente; y los*

[3] NOM-025-SSA1-1993. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM_{10} y partículas menores de 2.5 micrómetros $PM_{2.5}$ de la calidad del aire ambiente.
[4] NOM-020-SSA1-1993. Valor normado para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

años de 2001 y 2004 los menos contaminados, con 36 y 47 días, respectivamente.



Gráfica 1. Número de días fuera de la Norma de O_3 y PM_{10}.
Fuente: SEMADET con datos históricos del SIMAJ.

*En 1982 se diseñó el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), cuya metodología transforma a una escala adimensional las concentraciones de los contaminantes criterio, a fin de contar con un valor de referencia que permita informar a la población los niveles de contaminación prevalecien*tes en su zona de residencia, y con ello poder tomar las medidas pertinentes de protección.

Dentro del IMECA, las concentraciones de los contaminantes criterio se transforman a una escala de 0 a 500 puntos, donde el valor de 100 puntos representa el valor de la norma de exposición aguda establecida para cada parámetro. De esta manera, cuando el IMECA de cualquier contaminante rebasa los 100 puntos, significa que sus niveles son perjudiciales para salud, siendo que en la medida en que aumenta el valor, los síntomas se agudizan.

En la Tabla 1 se muestra la escala cromática del IMECA que se utiliza para informar a la población del Estado de Jalisco de la calidad del aire en función de los puntos determinados, en la que se indican los efectos potenciales sobre la salud y las recomendaciones preventivas para cada uno de los niveles de contaminación del aire.

IMECA	Calidad del aire	Efectos en la salud	Precauciones
0 - 50	Buena.	Adecuada para llevar a cabo actividades al aire libre.	No se requieren.
51 – 100	Regular.	Se pueden llevar a cabo actividades al aire libre. Posibles molestias en niños adultos mayores y personas con enfermedades.	No se requieren.
101 – 150	Mala.	Causante de efectos adversos a la salud en la población, en particular los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma.	Evite las actividades al aire libre, esté atento a la información de calidad del aire. “Acuda al médico si presenta síntomas respiratorios o cardiacos”.
151 – 200	Muy Mala.	Causante de efectos adversos a la salud en la población, en particular los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma.	Evite salir de casa y mantenga las ventanas cerradas, esté atento a la información de la calidad del aire. “Acuda al médico si presenta síntomas respiratorios o cardiacos”.
Más de 200	Extremadamente mala.	Causante de efectos adversos a la salud de la población en general. Se pueden presentar complicaciones graves en los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma.	Proteja su salud, evite salir de casa y mantenga las ventanas cerradas, esté atento a la información de la calidad del aire. “Acuda al médico si presenta síntomas respiratorios o cardiacos”. “No use el automóvil”.

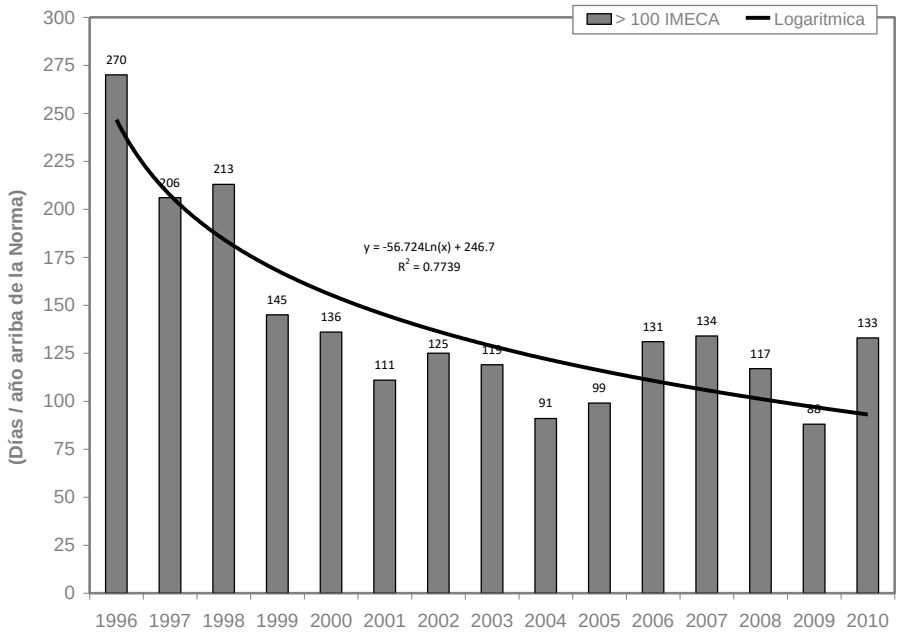
Tabla 1. Interpretación del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.

La SEMADET a través de su portal de Internet, publica de manera permanente la información horaria de calidad del aire y meteorología.[5]

[5]Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2014). *Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco* Disponible en: http://siga.jalisco.gob.mx/aire.

Del análisis de la información sobre los niveles y las tendencias de los contaminantes criterio generada por el SIMAJ, se pueden establecer algunas conclusiones importantes:

- *De 1996 al 2010 el promedio global de contaminantes criterio, rebasó los 100 puntos IMECA, 141 días al año; es decir el 39%, siendo el año de 1996 el más contaminado y los años de 2004 y 2009 los que mostraron menos días arriba de los 100 puntos, 91 y 88 respectivamente (*Gráfica 2*).*



Gráfica 2. Días arriba de 100 puntos IMECA.
Fuente: SEMADET con datos históricos del SIMAJ.

Como se puede apreciar en la Gráfica 2 el promedio de días arriba de 100 puntos IMECA se ha reducido considerablemente, lo que se debe en gran medida a la aplicación de los programas para el mejoramiento de la calidad del aire. Pese a lo anterior, los niveles IMECA aún son apremiantes, debido a que su proyección logarítmica se mantiene en un promedio de 27% días arriba de los 100 puntos IMECA.

1.2 GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO

El mejoramiento de la calidad del aire en Jalisco tiene por fundamento el artículo 4°, párrafo IV de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Para dar cumplimiento a este precepto constitucional, México cuenta con diversos ordenamientos jurídicos, entre los que destaca la Ley General

del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Es mediante el artículo 7° de la LGEEPA, que seestablecen las atribuciones estatales en materia ambiental, entre las que se encuentran: la formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal(fracción I);la prevención y control de la polución atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles (fracción III); y la formulación, ejecución y evaluación de programas para la protección al ambiente (fracción XVIII).

En el ámbito local, el Gobierno del Estado de Jalisco cuenta con la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Jalisco (LEEEPA) y sus respectivos reglamentos, como principal ordenamiento jurídico en materia de medio ambiente siendo la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) el organismo público centralizado competente para su aplicación y vigilancia.

De manera tal que, la LEEEPA regula de manera general la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente y el patrimonio cultural en el estado de Jalisco, en específico en su título IV, capítulo I establece los lineamiento para la prevención y control de la contaminación atmosférica.

En ésta tesitura el artículo 71 fracción II, de la LEEEPA establece la necesidad de reducir y controlar a las fuentes fijas y móviles de emisiones de contaminantes a la atmósfera de jurisdicción local, lo que permite una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico,mientras que en el artículo 72 se fijan las facultades de la SEMADET y de los gobiernos municipales en materia de contaminación atmosférica, entre las cuales destacan:

- *Llevar a cabo las acciones de prevención y control de la contaminación del aire en bienes y zonas de jurisdicción local (fracción I),*
- *La integración y actualización de un inventario de fuentes fijas (fracción IV),*
- *El establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de calidad del aire (fracción VI) y*
- *El establecimiento y operación de sistemas de verificación de emisiones de fuentes fijas y móviles de jurisdicción local (fracción V).*

De manera tal que, en atención al artículo 71 antes mencionado se han desarrollado e implementado diversos programas, entre ellos el Programa de Control de Emisiones Vehiculares, el Programa Jalisco para el Mejoramiento de la Calidad del Aire 2007 – 2013 “Mejor Atmósfera”, y el Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Jalisco 2011 – 2020, mismo que se actualiza en el presente instrumento.

El Programa de Control de Emisiones Vehiculares tiene como objeto conforme a las NOM´S aplicables, establecer el calendario y los lineamientos, por los cuales todos los vehículos automotores de combustión interna registrados en el Estado de Jalisco, deberán ser presentados a evaluación de sus emisiones contaminantes en alguno de los los 438 talleres acreditados en el año de 2014, programa que desde 2013 se encuentra en gestiones para rediseñarlo.

Año	Número Total de Vehículos Particulares	Vehículos Verificados	% de cumplimiento
2005	2,386,266	363,127	15.22
2006	2,487,352	749,900	30.15
2007	2,589,260	923,386	35.66
2008	2,688,022	743,230	27.65
2009	2,760,304	499,738	18.10
2010	2,834,184	774,466	27.33
2011	2,901,449	1’333,469	35.62
2012	2,706,543	930,000	34.00
2013	2’966,631	961,915	32.42

Tabla 2. Nivel de cumplimiento del Programa de Control de Emisiones Vehiculares.

Fuente: SEMADET, con datos del año 2013.

Este instrumento denominado ProAire se desarrolló durante el año 2011 en colaboración del Gobierno del Estado, la SEMARNAT y los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara, siendo esta la primera versión del programa en ser desarrollada (2011-2020), sin embargo, durante la actual administración estatal, se sometió a un proceso de evaluación y adecuación de acuerdo con datos más recientes respecto al inventario de fuentes de emisión y monitoreo atmosférico, permitiendo con ello reorientar ejes estratégicos, medidas y acciones prioritarias a implementar.

Esto permitió conformar el Comité ProAire Jalisco, el cual está coordinando la aplicación de dicho programa y las acciones a implementarse por los actores que lo conforman.

El ProAire Jalisco 2014-2020 tendrá como **área de aplicación** la totalidad del Estado de Jalisco, debido a que este es un instrumento que permitirá mitigar y regular las emisiones contaminantes en Jalisco. Sin embargo, es importante destacar que el Inventario de Emisiones Contaminantes del Estado de Jalisco 2008, relaciona las actividades productivas con los contaminantes emitidos en cada uno de los municipios del Estado, información que nos permite priorizar la aplicación de las acciones aquí planteadas de acuerdo a la problemática identificada.

1.2.1 Normatividad en Materia de Atmósfera

Es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en coordinación con el Comité Nacional de Normalización, diversas dependencias, entidades, sectores y sociedad en general, elabora y opera NOM´S que regulan el control de emisiones de contaminantes, estableciendo límites máximos permisibles, provenientes de fuentes fijas y móviles, así como su medición.

Por lo que respecta a las normas de calidad del aire para protección de la salud, su elaboración y actualización es competencia de la Secretaría de Salud (SSA).

Actualmente, para el control y regulación de las emisiones, se cuenta con veintitrés NOM´S catorce dirigidas a fuentes fijas y nueve a fuentes móviles; también hay cinco NOM´S para realizar el monitoreo ambiental de la calidad del aire y una para regular la calidad de los combustibles que se consumen a nivel nacional.

En el **Anexo A**, se enlistan las NOM vigentes en materia de calidad del aire y prevención de la contaminación atmosférica.

1.2.2 Reglamentos en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica

El reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica se publicó el 25 de noviembre de 1998, y el 3 de junio del 2004 se reformó para integrar los subsectores de jurisdicción federal. En dicho reglamento se definen los procedimientos técnico - administrativos a que están sujetas las fuentes emisoras de contaminantes que corresponden a la jurisdicción federal. En la misma fecha se publicó el decreto del reglamento de la LGEEPA en materia del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Por otra parte tenemos el Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco, publicado el 13 de febrero de 1992 y modificado el 14 de junio de 2007, cuyo objeto es reglamentar la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo que se refiere a la materia de impacto ambiental, explotación de bancos de material geológico y control de la contaminación a la atmósfera generada por fuentes fijas en el Estado de Jalisco.

La instrumentación de programas y normas para la gestión de la calidad del aire, en los que se planteen acciones que regulen y mitiguen la contaminación del aire, es fundamental para mejorar la calidad del aire en el Estado.

proAire



2

Generalidades

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

2.- GENERALIDADES

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Jalisco pertenece a la Región Centro-Occidente de México[6] y tiene una extensión territorial de 80,137 km^2, corresponde al inicio de la Sierra Madre del Sur y está atravesado por el Eje Transversal Neovolcánico[7].

Colinda al Norte con los Estados de Nayarit, Zacatecas y Aguascalientes; al Oeste con San Luis Potosí, Guanajuato y Michoacán; al Sur con Colima y al Este con el Océano Pacífico. Se encuentra a una altura promedio sobre el nivel medio del mar de 1,550 m y sus coordenadas geográficas son: al Norte 22 grados 45 minutos, al Sur 18 grados 57 minutos; al Este 101 grados 28 minutos y al Oeste 105 grados 42 minutos (Figura 1).

Políticamente Jalisco se divide en 125 municipios, los cuales son agrupados en 12 regiones administrativas[8], representadas por un municipio sede que hace la función de capital (Tabla 3).

REGIÓN	CAPITAL	MUNICIPIOS
Norte	Colotlán	Bolaños, Colotlán, Chimaltitán, Huejúcar, Huejuquilla el Alto, Mezquitic, San Martín de Bolaños, Santa María de los Ángeles, Totatiche y Villa Guerrero.
Altos Norte	Lagos de Moreno	Encarnación de Díaz, Lagos de Moreno, Ojuelos de Jalisco, San Diego de Alejandría, San Juan de los Lagos, Teocaltiche, Unión de San Antonio y Villa Hidalgo.
Altos Sur	Tepatitlán	Acatic, Arandas, Jalostotitlán, Jesús María, Mexticacán, San Julián, San Miguel el Alto, Tepatitlán de Morelos, Valle de Guadalupe, Cañadas de Obregón, San Ignacio Cerro Gordo y Yahualica de González Gallo.
Ciénega	Ocotlán	Atotonilco el Alto, Ayotlán, La Barca, Chapala, Degollado, Jamay, Jocotepec, Ocotlán, Poncitlán, Tizapán el Alto, Tototlán, Tuxcueca y Zapotlán del Rey.
Sureste	Tamazula	Concepción de Buenos Aires, Jilotlán de los Dolores, Santa María del Oro, La Manzanilla de la Paz, Mazamitla, Pihuamo, Quitupan, Tamazula de Gordiano, Tecalitlán y Valle de Juárez.

[6] La Región Centro-Occidente está conformada por los Estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Querétaro.
[7] Gobierno del Estado de Jalisco (2011). Disponible en: http://www.jalisco.gob.mx/ (consultada el 11 de Septiembre del 2011).
[8] Periódico Oficial del Estado de Jalisco (2011) *Municipios del Estado de Jalisco*, publicado el 15 de octubre de 1998.

REGIÓN	CAPITAL	MUNICIPIOS
Sur	Zapotlán el Grande	Amacueca, Atemajac de Brizuela, Atoyac, Zapotlán el Grande, Gómez Farías, Sayula, Tapalpa, Techaluta de Montenegro, Teocuitatlán de Corona, Tolimán, Tonila, Tuxpan, San Gabriel, Zacoalco de Torres, Zapotiltic y Zapotitlán de Vadillo.
Sierra de Amula	El Grullo	Atengo, Chiquilistlán, Ejutla, El Grullo, Juchitlán, El Limón, Tecolotlán, Tenamaxtlán, Tonaya, Tuxcacuesco y Unión de Tula.
Costa Sur	Autlán	Autlán de Navarro, Casimiro Castillo, Cihuatlán, Cuautitlán de García Barragán, La Huerta y Villa Purificación.
Costa Norte	Puerto Vallarta	Cabo Corrientes, Puerto Vallarta y Tomatlán.
Sierra Occidental	Mascota	Atenguillo, Ayutla, Cuautla, Guachinango, Mascota, Mixtlán, San Sebastián del Oeste y Talpa de Allende.
Valles	Ameca	Ahualulco de Mercado, Amatitán, Ameca, San Juanito de Escobedo, El Arenal, Cocula, Etzatlán, Hostotipaquillo, Magdalena, San Marcos, San Martín Hidalgo, Tala, Tequila y Teuchitlán.
Centro	Guadalajara	Acatlán de Juárez, Cuquío, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, El Salto, San Cristóbal de la Barranca, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá, Villa Corona, Zapopan y Zapotlanejo.

Tabla 3. Regiones administrativas de Jalisco.

Fuente: (Gobierno de Jalisco, 2006).

Los municipios conurbados que conforman el AMG, se ubican en la Región Centro, siendo su capital administrativa Guadalajara, la Figura 1 se muestra las 12 regiones administrativas en el Estado.

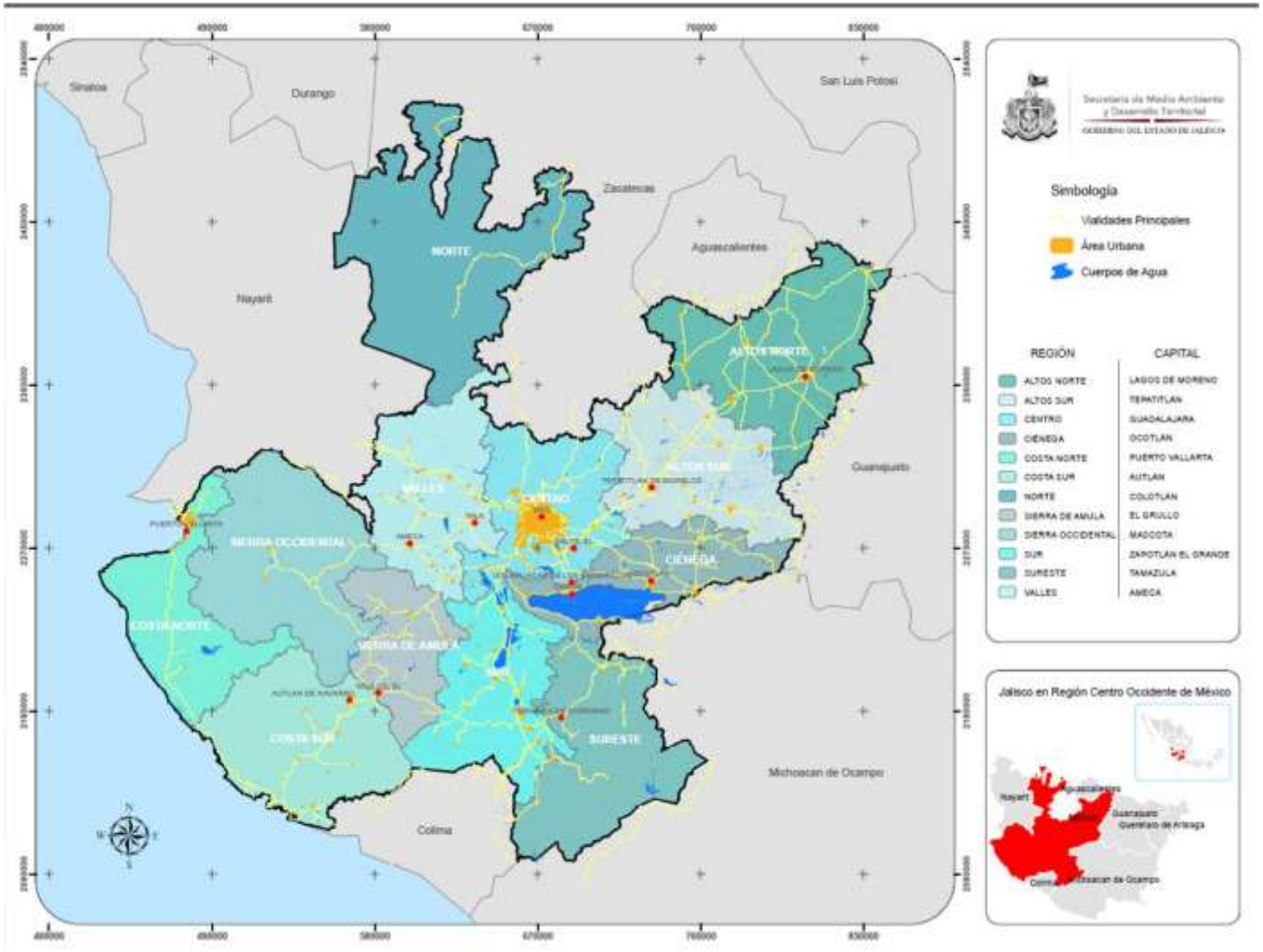


Figura 1.- Estado de Jalisco y Regiones Administrativas.

Fuente: (INEGI, 1980).

2.2 MEDIO FÍSICO

El transporte y dispersión de los contaminantes en la atmósfera están influenciados por los cambios meteorológicos globales y regionales, así como por las condiciones topográficas locales. A continuación se describen los aspectos físicos que prevalecen, a fin de vislumbrar la influencia del medio físico en el comportamiento de la atmósfera.

2.2.1 Orografía y Relieve

En Jalisco existen cuatro provincias fisiográficas[9]: la Sierra Madre Occidental, ubicada al Norte del Estado; la Región Mesa del Centro, que se encuentra en el extremo Noreste del Jalisco; el Eje Neovolcánico, localizado en el centro de la entidad; y la Sierra Madre del Sur, situada en la parte occidental (Figura 2).

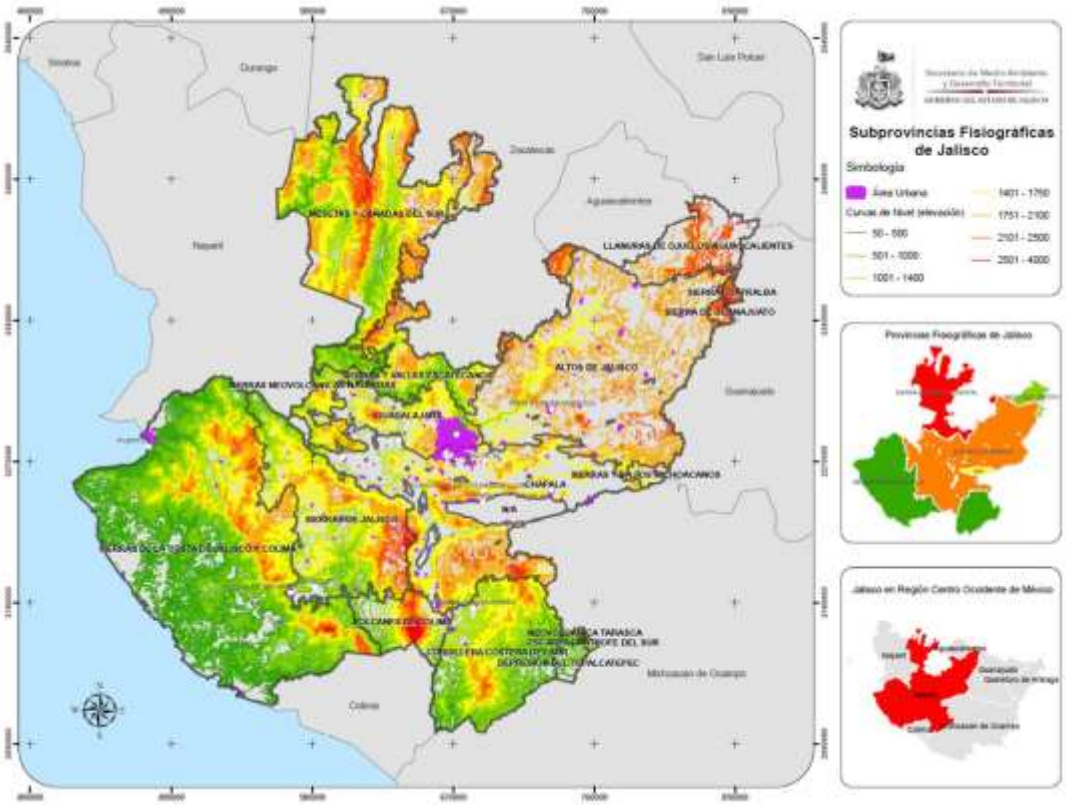


Figura 2. Fisiografía del Estado de Jalisco (Provincias y Subprovincias).
Fuente: (INEGI, 1980).

[9] Provincia fisiográfica.- Unidades morfológicas superficiales de características distintivas; de origen y morfología propios.

La Provincia del Eje Neovolcánico es la de mayor extensión, abarca el 49% del territorio estatal y está representada por las subprovincias: *i) Bajío Guanajuatense, ii) Sierras y Bajíos Michoacanos, iii) Altos de Jalisco, iv) Chapala -donde se ubica el municipio de Ocotlán y el Lago de Chapala-, v) Guadalajara -que cubre totalmente los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tala y Ameca-, vi) Sierras de Jalisco, vii) Neovolcánicas Nayaritas, viii) Volcanes de Colima -donde yerguen las elevaciónes más notables de Jalisco, el Nevado de Colima y el Volcán de Colima- y ix) la subprovincia Escarpada Limítrofe del Sur* (Figura II.2).

La Provincia de la Sierra Madre del Sur es la segunda de mayor extensión (cubre el 32.4% del territorio estatal) y está representada en la entidad por las áreas correspondientes a las subprovincias: *i) Sierras de las Costas de Jalisco y Colima, y ii) Cordilleras Costeras del Sur –donde se ubica el municipio de Tamazula de Gordiano-.*

La Provincia Sierra Madre Occidental, con el 15% del territorio estatal, ocupa el tercer lugar en extensión y está representada por las subprovincias de: *i) Mesetas y Cañadas del Sur y Sierra, y ii) Valles Zacatecanos*. Finalmente, el 3.2% del territorio estatal, lo abarca la Provincia Mesa del Centro.

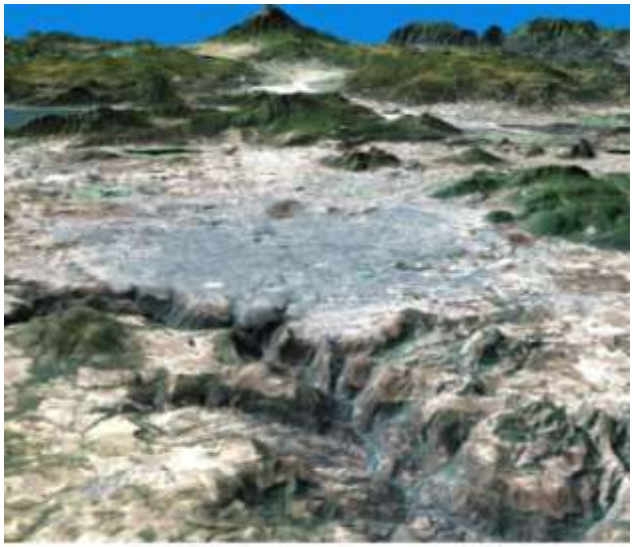


Figura 3. Orografía del AMG.
Fuente: (Gobierno de Jalisco, 2006).

De manera general, la mayor parte de la superficie de Jalisco está compuesta por zonas semiplanas que alcanzan alturas desde los 600 a 2,050 msnm, siguiendo las zonas accidentadas con alturas de 900 a 4,260 msnm y en menor proporción, las zonas planas de 0 a 1,750 msnm.[10]

En el caso particular del AMG, se sitúa en la Cuenca del Valle del Río Grande de Santiago, en los Valles de Atemajac y la Planicie de Tonalá, entre las provincias montañosas de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico (Figura 3).

[10] Gobierno de Estado de Jalisco. (2006). *Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco*. Disponible en: http://siga.jalisco.gob.mx/moet/

Las montañas que circundan la zona metropolitana son: al Noroeste la Sierra de San Esteban; al Sureste, la Serranía de San Nicolás y los conjuntos montañosos Cerro Escondido - San Martín y La Reyna; al Sur, el Cerro de Tlajomulco y la Cordillera del Cerro Viejo; y al Oeste, la Sierra de la Primavera (incluido el Cerro El Colli), justo al centro de la zona, la cordillera formada por el Cerro El Tapatío, el Cerro del Cuatro, el Cerro de Santa María y el Cerro del Tesoro. En la Tabla 4 se muestran las principales características topográficas y de relieve del Estado.

Municipio	Topografía
Ocotlán.	El Municipio de Ocotlán se ubica en terrenos planos, con pendientes menores al 5%, por lo que presenta condiciones favorables al desarrollo urbano, con la salvedad de algunas zonas que, por escaso drenaje natural, son susceptibles de inundación. La topografía abrupta con pendientes mayores al 15% se localiza al norte y sureste del área de aplicación, correspondiendo a las elevaciónes de Mesa de los Ocotes y Cerro El Gomeño.
Ameca.	Cuenta con los Cerros Grande, La Tetilla y Los Pericos que ocupan principalmente la parte norte del municipio, además se tiene una orografía irregular caracterizada por una sucesión de valles y extensas serranías en diferentes zonas del municipio.
Tala.	Gran parte del municipio presenta alturas inferiores a 1,500 m, aunque las zonas comprendidas entre 1,500 y 1,700 m son pequeñas y aisladas, tienen una pendiente aceptable desde el punto de vista agrícola. En las zonas con altura superiores a 1,700 m, se ubican las elevaciónes más importantes, como los Cerros de Las Garzas, San Miguel y Las Planillas con alturas de 1,780, 2,090 y 2,220 m respectivamente.
Tamazula de Gordiano.	El territorio presenta una topografía irregular. En su parte centro y oeste predominan alturas que varían entre 900 y 1500 m, y el resto del territorio las altitudes van de 1,500 a 2,100 m, con excepción de una parte al noreste donde alcanzan 2,700 m. La principal altura del municipio es el Cerro de Cicuichos, que se localiza al norte del Municipio con una altura de 2,100 m, y el Cerro de la Guayabilla con 2,000 m.

Tabla 4.- Principales Rasgos Topográficos del Estado.

Fuente: (Gobierno de Jalisco, 2006).

Las elevaciones montañosas de las zonas de estudios constituyen parcialmente una barrera física natural para la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminado hacia el exterior.

2.2.2 Clima

Como resultado de las diferencias de elevación (altitud) y la influencia de masas de agua, tanto marítima del Océano Pacífico, como lacustre del Lago de Chapala, Jalisco presenta diversas condiciones climáticas.

Siguiendo la clasificación climática de Köppen, modificada en 1964 por E. García, en la entidad se encuentran variantes de climas semisecos o seco estepario hacia el Norte y Noreste; climas templados en las partes altas de las sierras, climas semicálidos en la zona centro y alrededores de Chapala y climas cálidos a lo largo de toda la costa.

Como se observa en la Tabla 5, el clima dominante en Jalisco y las dos zonas de estudio) es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 21°C, siendo la temperatura máxima de 28°C y la mínima de 6°C (INEGI, 2012)[11]. No obstante, algunos días del año y en ciertas zonas de la entidad, se presentan temperaturas extremas de hasta 40ºC como máxima (en la costa) y 4.0°C como mínima (en las sierras). Por otro lado, se considera que el clima del AMG en ocasiones tiende a ser más cálido debido al fenómeno de "isla térmica o de calor"[12].

Tipo o subtipo	% estatal
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	24.46
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	45.77
Templado subhúmedo con lluvias en verano	16.29
Semiseco muy cálido y cálido	2.60
Semiseco semicálido	6.74
Semiseco templado	4.14

Tabla 5. Tipo de climas del Estado de Jalisco.

Fuente: INEGI. Conjuntos de Datos Vectoriales de Climas, Temperaturas Medias Anuales y Precipitación Total Anual. Serie I. Escala 1:1 000 000.

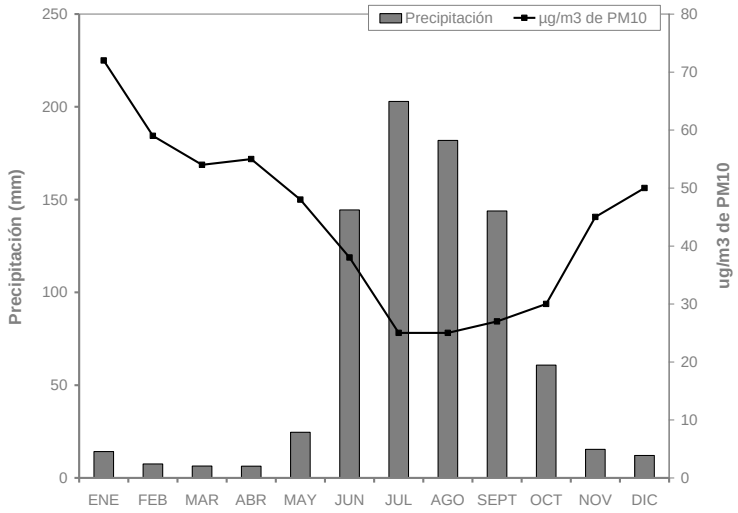
Las zonas de estudio presentan temperaturas semicálidas, favoreciendo la formación del ozono (O_3) troposférico, producto de las emisiones antropogénicas de óxidos de nitrógeno (NO_X) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

[12] Se denomina "Isla de Calor" a la situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura, a causa del suelo de tipo urbano y demás materiales absorbentes de calor.

2.2.3 Precipitación pluvial y humedad relativa

Durante el verano (época de lluvia, principalmente de junio a agosto), el Estado de Jalisco –al igual que el resto del país- se encuentra bajo la influencia de sistemas meteorológicos tropicales, los cuales con el paso constante de ondas y ciclones tropicales aportan la humedad más importante del año en forma de nublados y lluvias abundantes a la entidad, permitiendo tener una calidad de aire limpio, al disolver y precipitar a la superficie los contaminantes suspendidos sobre la atmósfera.

La Gráfica 3 muestra los promedios mensuales de la precipitación que se registraron en Jalisco en el periodo de 1941 al 2005 con respecto a las concentraciones mensuales de partículas menores a 10 micras (PM_{10}), pudiéndose observar que los niveles de este contaminante disminuyen durante la época de lluvia. La precipitación media anual del Estado es de 820 mm, superior en 2% a la media nacional.



Gráfica 3. Precipitación promedio mensual (período 1941-2005), contra las concentraciones de PM_{10} durante el 2008.

Fuente: SIMAJ, datos del 2013, para los niveles de Ozono O_3.

2.2.4 Inversiones térmicas (IT)

En invierno (época fría, de noviembre a febrero) el desplazamiento de frentes fríos y masas de aire polar, son los sistemas meteorológicos que predominan en la mayoría de las regiones del país. Cuando estos fenómenos son intensos, el Estado se ve afectado con sistemas anticiclónicos (tiempo atmosférico estable y vientos menores a 4 km/h), que pueden generar inversiones térmicas.

La inversión térmica es un fenómeno meteorológico natural que se da en las capas bajas de la atmósfera terrestre. Normalmente, en la tropósfera existe un gradiente térmico vertical negativo, es decir, según ascendemos, y a mayor altura, la temperatura del aire va bajando y mayor frío se sentirá.

Cuando hay inversión térmica ocurre lo contrario, invirtiéndose el proceso normal, el aire caliente se coloca por encima de una capa de aire frío, a consecuencia de que se forma una especie de techo o capa a una temperatura cálida, en donde se detienen los contaminantes, observándose a simple vista la llamada nata; a la vez, la superficie es más fría y la temperatura del aire aumenta según ascendemos (Figura 4).

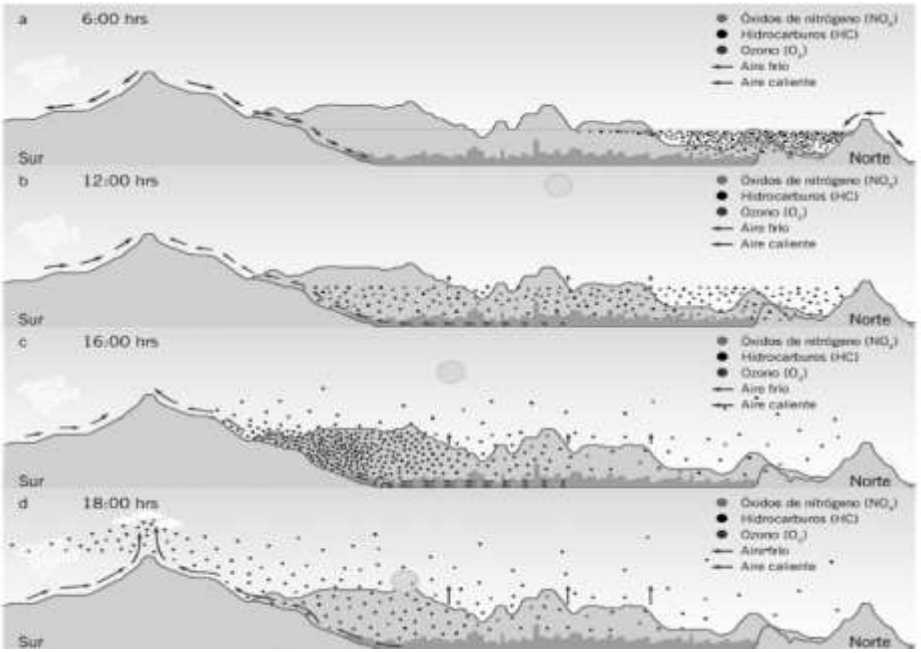
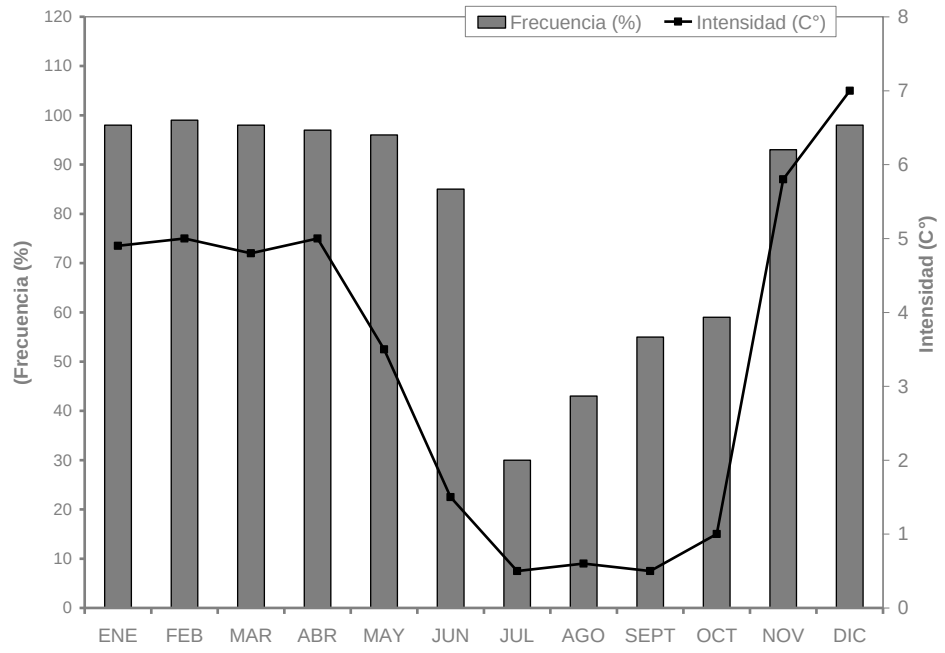


Figura 4. Inversión Térmica.

Conforme datos del SIMAJ, en el AMG las inversiones térmicas se presentan el 78% de los días del año, siendo el periodo de noviembre a junio, cuando su presencia se

da prácticamente en todos los días. Para los meses de julio a octubre, su frecuencia llega a ser menor al 50% de los días del mes (Gráfica 4)[13].



Gráfica 4. Frecuencia promedio mensual de inversiones térmicas

Fuente: SEMADET, 2013.

La inversión térmica se caracteriza por su intensidad, duración y espesor.

La intensidad de una inversión está dada por la diferencia de temperatura entre la superficie o base y la cúspide de la inversión térmica. Entre más amplio sea este contraste (por ejemplo, 12 grados), se considera intensa y tardará más en romperse. En el AMG la inversión térmica alcanza sus valores más altos de intensidad en el periodo en que se presenta con mayor incidencia (Gráfica II.2); esto es, en las épocas de invierno – primavera y la mayor parte del otoño. En diciembre, la intensidad de la inversión térmica ha llegado a presentar valores máximos de hasta 7°C. Durante la mayor parte del periodo de lluvias, de junio a septiembre, e inclusive octubre la intensidad promedio mensual de las inversiones térmicas es menor a 1°C.

La duración se refiere al tiempo en que está presente la inversión térmica. Normalmente se origina la tarde del día anterior y alcanza sus máximos valores en la mañana siguiente, rompiéndose alrededor de las 11:00 horas, cuando se calienta

[13] Parámetros calculados a partir del radiosondeo atmosférico de Guadalajara, para el período de 1993-1994.

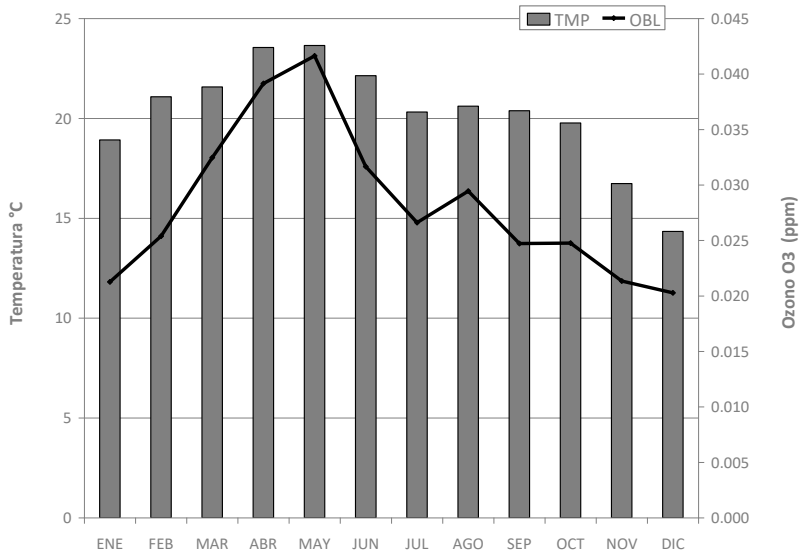
el suelo por los rayos solares. Por consiguiente, la diferencia de temperatura con respecto a la tapa se acorta.

El espesor es la distancia que hay entre la superficie del suelo y el techo que sirve de barrera. Entre más cercana esté la tapa de la superficie, por ejemplo, 40 a 60 m de altura, rápidamente se satura de contaminantes. En el Valle de Atemajac dicho techo oscila entre los 40 y los 160 m.

La presencia de masas de aire frío como las ocurridas en invierno, impiden que la inversión se rompa, lo que acumula contaminantes y mezclas tóxicas dañinas, así como contingencias atmosféricas que representan un riesgo para la población. Por tal razón la SEMADET de manera coordinada con otras dependencias y los gobiernos municipales, contempla la implementación de programas de inspección y vigilancia de emisiones durante la época invernal, adicionalmente se difunden recomendaciones a la población en general, como no encender fogatas, ahorrar energía eléctrica y verificar los automóviles particulares y de uso intensivo.

2.2.5 Temporada de estiaje

El término temporada de estiaje corresponde a la época de año con menor precipitación pluvial, ausencia de viento y presencia de altas temperaturas y radiación solar. Durante la época de estiaje (época de calor) en Jalisco prevalecen los periodos de calma (ausencia de viento y/o vientos muy débiles menores a 4 km/h) y temperaturas extremas de hasta 28°C (INEGI, 2011), condiciones que favorecen la formación y acumulación de O_3 troposférico, generando alarmantes escenarios de contaminación atmosférica. La SEMADET busca la coordinación con diversas entidades cada año para la implementación de medidas de reducción de emisiones específicas para esta época, teniendo especial interés en el control de los incendios forestales. En la Gráfica 5 se puede apreciar un incremento en la concentración de O_3 durante los meses con temperaturas más elevadas.



Gráfica 5. Frecuencia promedio mensual de inversiones térmicas en el AMG

Fuente: SIMAJ, datos del 2013, para los niveles de Ozono O_3.

2.2.6 Cuencas Atmosféricas

De acuerdo con datos del Instituto de Astronomía y Metrología de la Universidad de Guadalajara, el Estado de Jalisco tiene siete cuencas atmosféricas (Davydova, 1998), las cuales presentan vientos locales diferentes a los globales[14], debido a que están mucho más influenciados por los factores locales como el relieve y las condiciones climáticas (Figura 5).

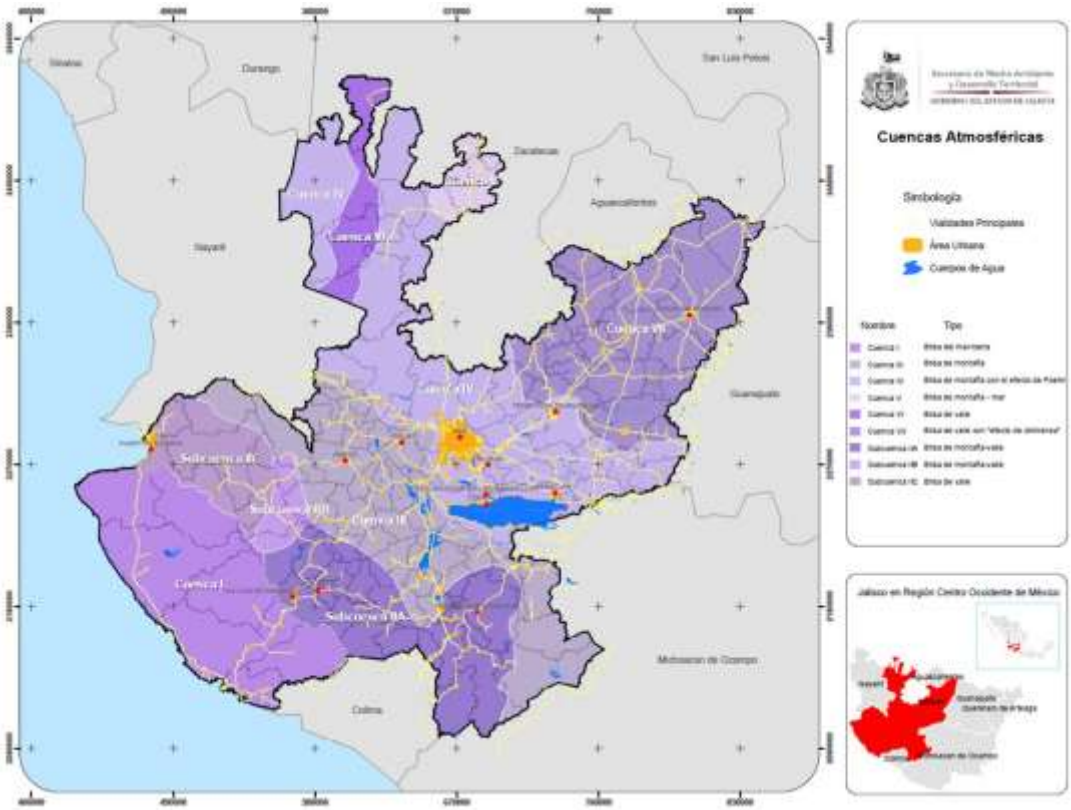


Figura 5. Cuencas Atmosféricas de Jalisco.
Fuente: Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara (IAM), 1998.

La Cuenca I está localizada dentro de las regiones Costa Norte y Costa Sur, presentando vientos dominantes de tipo brisa del mar-tierra[15] con direcciones de Oeste a Suroeste.

[14] Loa viento globales sube desde el ecuador y se desplaza hacia el norte y hacia el sur en las capas más altas de la atmósfera.
[15] Brisas de mar - tierra: Es viento de las regiones costeras que sopla durante el día desde una gran superficie de agua hacia la tierra a consecuencia del recalentamiento diurno del suelo y por la noche desde los campos hacia una gran superficie de agua a consecuencia del enfriamiento nocturno del suelo.

La Cuenca II se divide en tres subcuencas:

- *Subcuenca A –caracterizada por la presencia de vientos variables de tipo brisa montaña[16], con una circulación turbulenta y abundantes lluvias-;*
- *Subcuenca B –caracterizada por la presencia del mismo tipo de viento variable, pero aun más complicado por el fenómeno de FOEHN[17]-;*
- *Subcuenca C –donde se encuentra el municipio de Puerto Vallarta y que está delimitada por los vientos dominantes tipo brisa de montaña, influenciados por el efecto de brisa del mar, el cual transporta masas del aire húmedas y cálidas, provocando que esta subcuenca sea la zona más húmeda de todo el Estado.*

Finalmente, la Cuenca IV –donde se encuentra el AMG, cuenta con circulación tipo brisa valle y viento dominante de Oeste - Suroeste, complicado con la presencia del "efecto de chimenea", provocado por los vientos de alta intensidad provenientes del Norte - Noreste (barrancas: Bolaños y Juchipitas), sobre todo durante los meses de invierno y primavera (Figura 6).

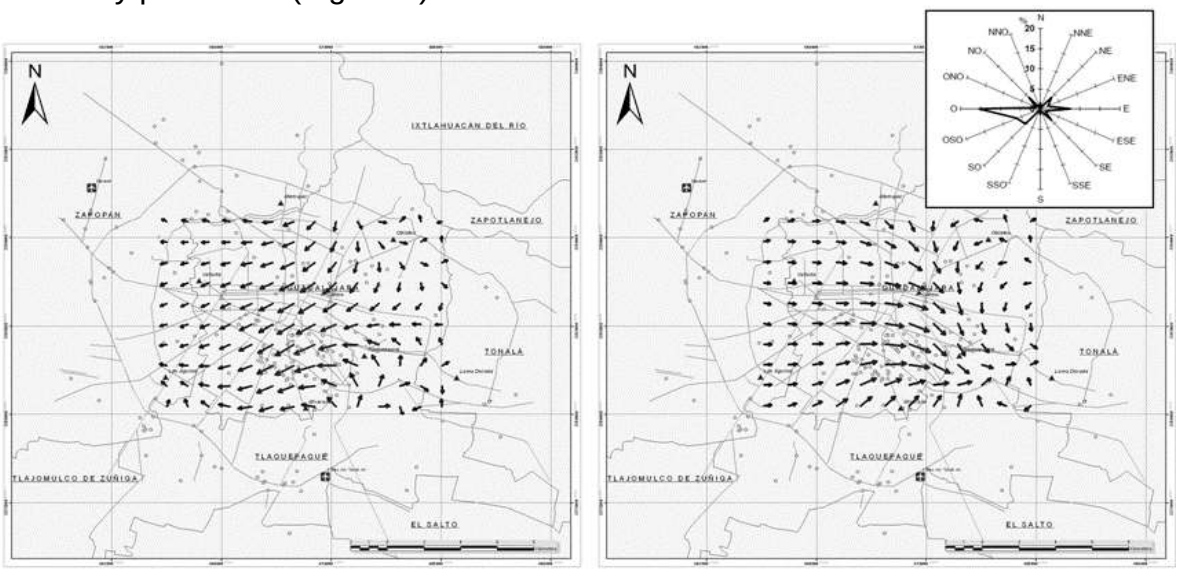


Figura 6. Rosa de vientos dominantes del AMG (1985 – 1990), porcentaje y dirección.
Fuente: SEMADET, 2013.

Conforme a la datos de la SEMADET durante el periodo 1985 a 1990 los vientos en el AMG provenientes del Oeste se presentan el 15.5% de la frecuencia total, y los

[16] Brisa de montaña - valle: Durante el día se produce una fuerte ascendencia sobre las laderas expuestas al sol, así como subsidencias en la parte central del valle. A última hora del día ocurre lo contrario, es decir, desde las laderas, que ya no son calentadas por el sol, el aire desciende por enfriamiento hacia el fondo del valle levantando el aire aún cálido que se mantiene en estos.
[17] Efecto FOEHN es viento calentado y desecado por un movimiento descendente, de una montaña.

vientos del Este el 7.5%, mostrando velocidades promedio entre los 5 a 20 km/h y en ocasiones de 21 a 35 km/h.

Debido a la circulación del aire dominante de Oeste – Suroeste, las poblaciones localizadas al suroeste de la ZMG, como "Miravalle", "Loma Dorada", "Las Pintas" y "Santa Fe", son las que se ven más afectadas por la circulación de los vientos

2.3 MEDIO NATURAL

La contaminación de origen natural es ocasionada por la emisión de gases o partículas a la atmósfera sin influencia directa del hombre, tal es el caso de las emisiones de gases conocidos como compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas (polen, esporas de hongos) generadas por la vegetación, las erupciones volcánicas, los incendios forestales espontáneos, la descomposición de la materia orgánica y la erosión eólica del suelo, las cuales en determinadas situaciones alcanzan magnitudes mayores que la contaminación antropogénica. A continuación se describen las fuentes de origen natural que afectan o podrían afectar a la población jalisciense.

2.3.1 Uso de Suelo

En Jalisco, está representada más del 52% de la avifauna que habita en México; el 40% de las especies de mamíferos y el 18% de los reptiles presentes en el territorio nacional. Aunado a lo anterior, se cuenta también con 16 tipos de vegetación que conforman la Fitosociología Jalisciense, con lo que se demuestra la importancia que el Estado tiene en esta materia, ya que ocupa el sexto lugar entre los Estados Mexicanos con mayor biodiversidad, con 7500 especies de plantas vasculares, 173 mamíferos y 525 de aves. (EMDM, 2014).

Con base en el Inventario Nacional Forestal 2009, editado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se estima que el bosque mesófilo de montaña (BMM[18]) es el tipo de vegetación predominante en Jalisco, representando el 25% del territorio estatal (aproximadamente 19 mil km^2), involucrando especies en las selvas caducifolias bajas y medianas como el Papelillo rojo *(Bursera fagaroides),* el Tepame (*Acacia pennatula*) y arbustos de las familias Acanthaceae, Rubiaceae y Myrsinaceae.

[18] Los BMM son en realidad un grupo de comunidades distribuidas en las montañas, las cuales poseen estructura, afinidad florística y composición de especies diversas.

Además existen especies de encino (*Quercus*), liquidámbar (*Liquidambar*), hayas (*Fagus*) y pinos (*Pinus*) de los bosques mixtos (CONABIO, 2010). Las unidades vegetales de bosque mesófilo de montaña dispuestas están en un eje Noroeste - Sureste siguiendo aproximadamente el contorno de la costa. (Figura 7).

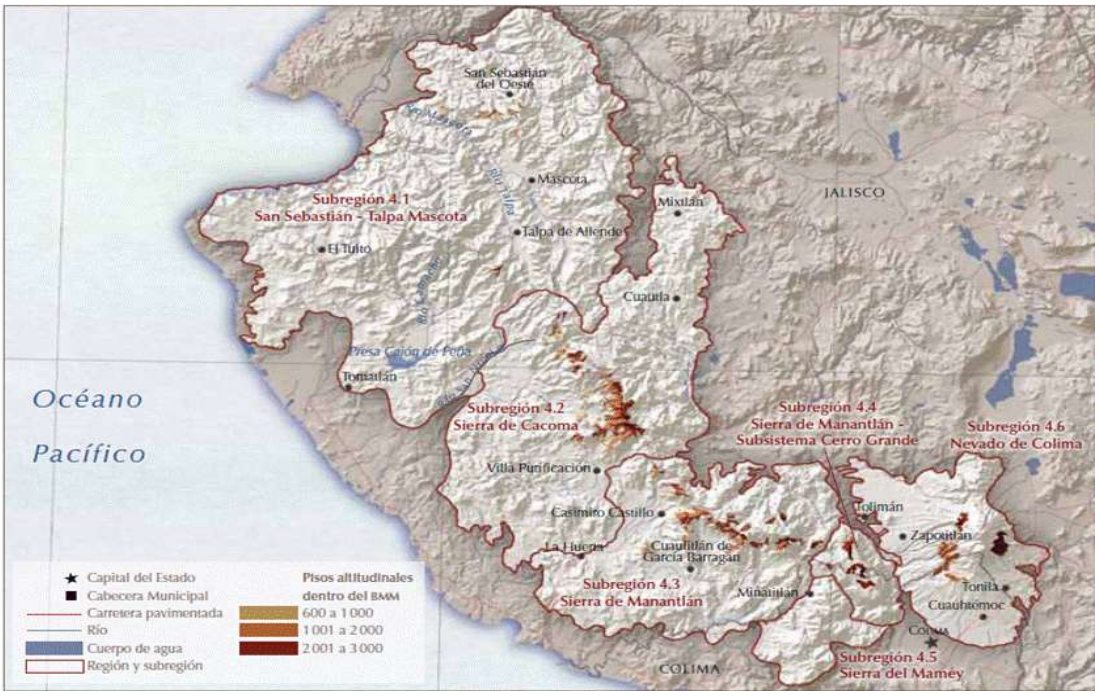


Figura 7. Ubicación de ecosistemas con BMM en la Sierra Madre del Sur y Franja Neovolcánica de Jalisco.
Fuente: CONABIO, 2010.



La superficie agrícola es el segundo uso de suelo a nivel estatal, ocupa el 24% de la superficie de la entidad aproximadamente 18 mil km^2 (INEGI, 2011), destacando los cultivos de maíz, caña de azúcar, sorgo y maguey tequilero.

Figura 8. Vista del bosque de *Quercus* en las laderas sur de Cerro Viejo y su transición con el bosque espinoso, en el fondo, el Valle agrícola de Zapotitlán de Hidalgo.
Foto: Hernández, 2011.

En tercer lugar de ocupación de suelo, están el pastizal (utilizado en la ganadería) con el 12% y por ultimo con sólo el 1% del suelo es mancha urbana, siendo el municipio de El Salto el de menor superficie (79.44 km^2), mientras que los Municipios de Tamazula de Gordiano y Zapopan son los de mayor superficie, con 1,394 y 1,253 km^2, respectivamente.

Conforme el Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco (Gobierno de Jalisco, 2006), el Estado se encuentra dentro de los primeros lugares en problemas de degradación del suelo y biológica, provocados principalmente por los incendios forestales, la ganadería extensiva, la agricultura, el aprovechamiento selectivo de especies vegetales (tala inmoderada) y el cambio de uso de suelo para la construcción de viviendas e industrias.

Este ordenamiento considera a su vez que en los últimos 20 años, la superficie de la agricultura de temporal ha crecido en 173%, en tanto que los suelos ocupados por diversas asociaciones de vegetación natural han disminuido en 40% (Gobierno de Jalisco, 2006).

En la Tabla 6 se muestra el número de hectáreas en Jalisco autorizadas bajo criterios de excepcionalidad para el cambio de uso de suelo de actividad forestal a otras, siendo la actividad de la industria básica la de mayor porcentaje (91%), seguido por la agricultura. Al respecto, cabe mencionar que generalmente el cambio de uso forestal por el agrícola generalmente se realiza sin ningún tipo de autorización, por lo tanto, el porcentaje de cambio de uso de suelo se puede considerar subestimado.

Actividad	2006	2007	2008	2009	Total	%
Agricultura	156	0	204	0	360	8
Ganadería	0	0	0	0	0	0
Industria básica	890	46	1,358	1,734	4,028	91
Otros Usos	7	10	22	0	39	1
Total	1,053	56	1,584	1,734	4,427	100

Tabla 6. Nuevo uso para la superficie autorizada (Hectáreas)
Fuente: SEMARNAT, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Julio, 2010.

2.3.2 Incendios Forestales

Según datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Jalisco se ha mantenido durante varios años entre los diez estados del país con mayor incidencia de incendios forestales.
La práctica ancestral de la roza-tumba-quema (RTQ), así como la quema de pastizales para el uso de la ganadería extensiva han sido las principales causas de los incendios en la entidad (CONAFOR, 2010).

De acuerdo con la propia CONAFOR, durante el año 2013, en Jalisco se presentaron 705 incendios, afectando una superficie de 48,305 hectáreas.

Posición Nacional	Entidad Federativa	No. de Incendios	Superficie Afectada (Ha)	Indicador Sup/Inc (Ha)
1	México	2,349	9,789.43	4.17
2	Michoacán	1,180	16,210.21	13.74
3	Distrito Federal	1,157	2,778.58	2.40
4	Chihuahua	1,137	30,554.12	26.87
5	**Jalisco**	**705**	**48,305.00**	**68.52**
6	Puebla	511	9,047.21	17.70
7	Hidalgo	443	5,234.61	11.82
8	Chiapas	421	20,312.81	48.25
9	Oaxaca	376	31,240.43	83.09
10	Tlaxcala	295	1,146.28	3.89

Tabla 7. Entidades Federativas con mayor número de incendios forestales durante el 2013
Fuente: SEMARNAT, CONAFOR y Gerencia de Incendios Forestal, Octubre 2014.

Los efectos negativos que causan los incendios a parte de la destrucción del hábitat de la fauna silvestre son básicamente; la exposición del suelo a la erosión por viento y lluvia -como consecuencia de la devastación de la cobertura vegetal-, y la emisión de humos que contienen CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y COV.

2.3.3 Cenizas Volcánicas

La porción central y sur de Jalisco, cuenta con un territorio de gran actividad volcano – tectónica, toda vez que forma parte del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, siendo la región de mayor actividad sísmica y volcánica del mundo.

Conforme a los registros volcánicos, se ha identificado que el Volcán de Colima presenta un ciclo eruptivo de tipo explosivo cada 100 años aproximadamente, como ha ocurrido durante las violentas erupciones que tuvieron lugar durante los años de 1606, 1690, 1771, 1818 y 1913, cuyas cenizas afectaron a las poblaciones de Ciudad Guzmán, e incluso Guadalajara.

Los efectos de las caídas de cenizas varían dependiendo del volumen del material expulsado, la temperatura de la ceniza, la dirección y velocidad del viento, así como la duración o intensidad de la erupción.

Los problemas que puede provocar van desde problemas respiratorios y visuales, la contaminación de los suministros de agua, el colapso de los techos de las construcciones, líneas de electricidad y teléfonos, hasta la destrucción de la vegetación y de tierras de cultivo y pastoreo.

Las emanaciones gaseosas de los volcanes están constituidas en su mayoría por agua, bióxido de carbono (CO_2), ácido sulfhídrico (H_2S), ácido clorhídrico (HCl), ácido fluorhídrico (HF) y bióxido de azufre (SO_2), el cual puede reaccionar con agua y formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) que corroe los metales y daña los cultivos.

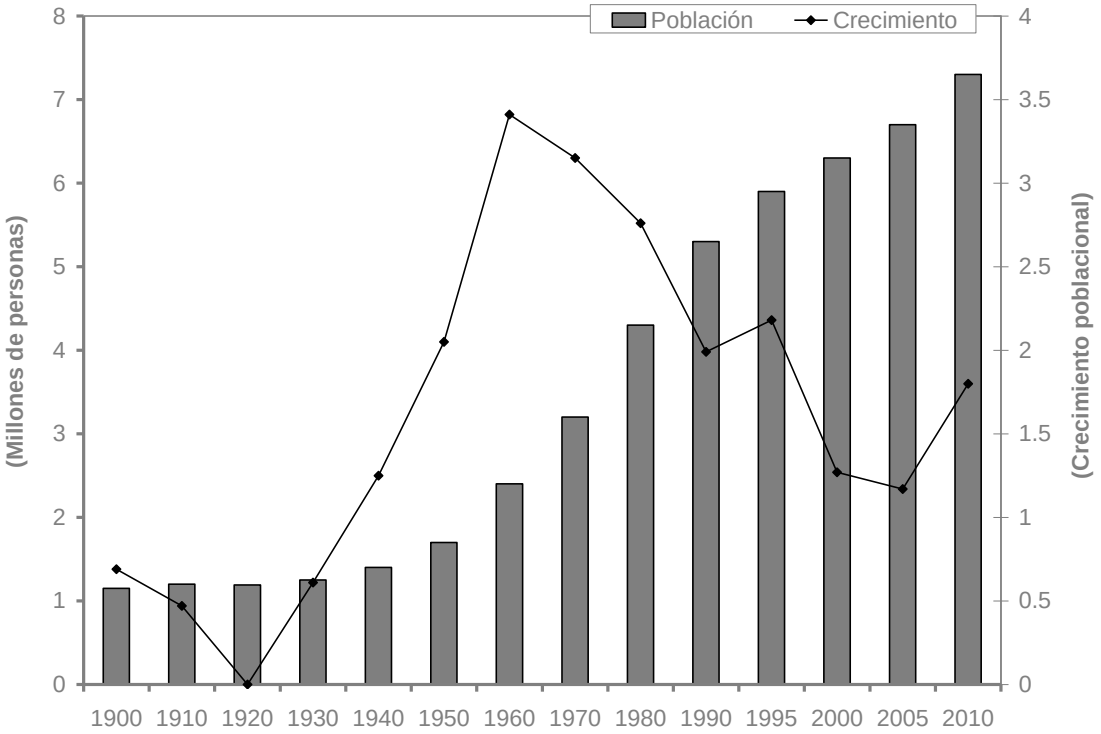
2.4 DESARROLLO SOCIAL

Conocer la forma en que la población está distribuida en el territorio estatal y cómo ha evolucionado, son aspectos fundamentales para entender cuáles son las repercusiones que el estilo de vida y la distribución de las actividades de la población, tienen sobre la calidad del recurso aire.

2.4.1 Demografía del Estado de Jalisco

Durante el siglo XX, Jalisco ha experimentado transformaciones importantes desde el punto de vista demográfico. Primero, atravesó por ciclos de intenso crecimiento poblacional, posteriormente (después la segunda mitad de la década de los setenta), presento una marcada desaceleración en su tasa de crecimiento y nuevamente en el último quinquenio un incremento en las tasas promedio anual de crecimiento (Gráfica 6).

De acuerdo con las cifras censales del 2010, la población de Jalisco pasó de casi 1.25 a cerca de 1.74 millones de personas entre 1930 y 1950. En las dos décadas siguientes (1970) el número de habitantes casi se duplicó, llegando a 3.2 millones de personas y requirió solamente 35 años para duplicarse nuevamente, llegando a 6.32 millones en el año 2000 (IIEG, 2011). De acuerdo al INEGI en el Estado habitan un total de 7.5 millones de personas, ocupando el cuarto lugar entre los Estados más poblados del país, y se prevé que la entidad mantendrá esa misma posición durante varios años más.



Gráfica 6. Población de Jalisco (Población total por año).

Fuente: INEGI-2010.

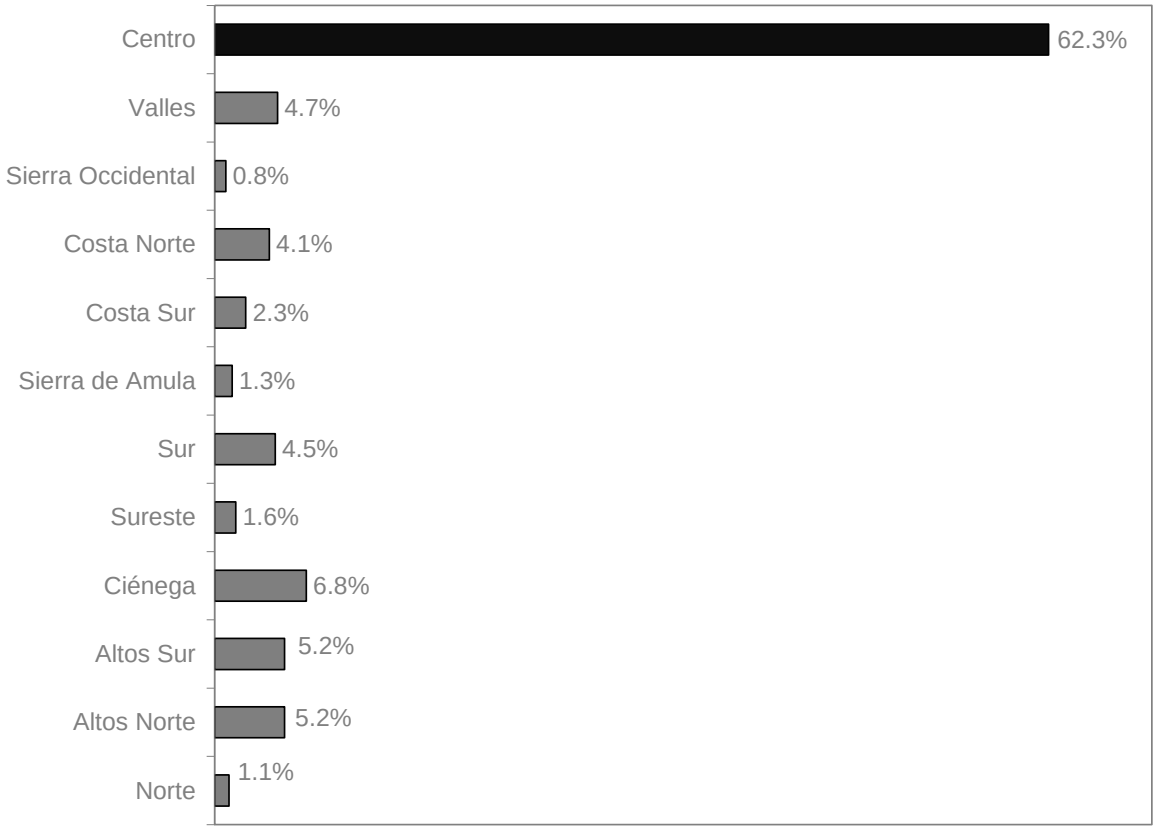
Una de las razones del incremento de la población a partir de los años treinta, fue el descenso de la mortalidad, mismo que fue posible gracias al mejoramiento de las condiciones de vida, lo cual trajo como consecuencia que la esperanza de vida de la población jalisciense, que en 1970 era de 63 años, llegará a casi 72 años en 1990, y a poco más de 75 años para 2007 (IIEG, 2008).

Después de 1971 la dinámica demográfica empezó a desacelerarse gradualmente, registrando una tasa de 1.99% en 1990, de 1.27% en 2000, y de 1.17% para 2005. Este decremento de la población fue originado poco después de alcanzar su nivel máximo histórico de 6.8 hijos promedio por mujer, y fue producto del cambio de las políticas de población, las cuales comenzaron a promover prácticas de planificación familiar y dieron lugar a una genuina revolución demográfica. Así, la fecundidad que registró un promedio de 4.9 hijos por mujer en 1980, cayó a 3.72 para 1990, siendo en la actualidad de 2.1 hijos (COEPO, 2010).

Sin embargo, en el último quinquenio la emigración de jalisciense hacia los Estados Unidos (EE.UU.) se redujo drásticamente y además se dio un ligero incremento en la inmigración interestatal, lo que dio como resultado un incremento en las tasas promedio anual del crecimiento al pasar de 1.17 en el periodo 2000 – 2005 a una de 1.84 % en 2005 – 2010 (COEPO, 2011).

2.4.2 Población por Regiones

En lo que se refiere a la densidad poblacional por región, de acuerdo con los datos censales del 2010, tenemos que en la Región Centro (específicamente en el AMG) se localiza la mayor concentración poblacional, con aproximadamente más de 4.4 millones de habitantes, lo que representa el 62% del total estatal, fenómeno derivado de la inmigración del interior del Estado hacia las grandes ciudades (Gráfica 7).



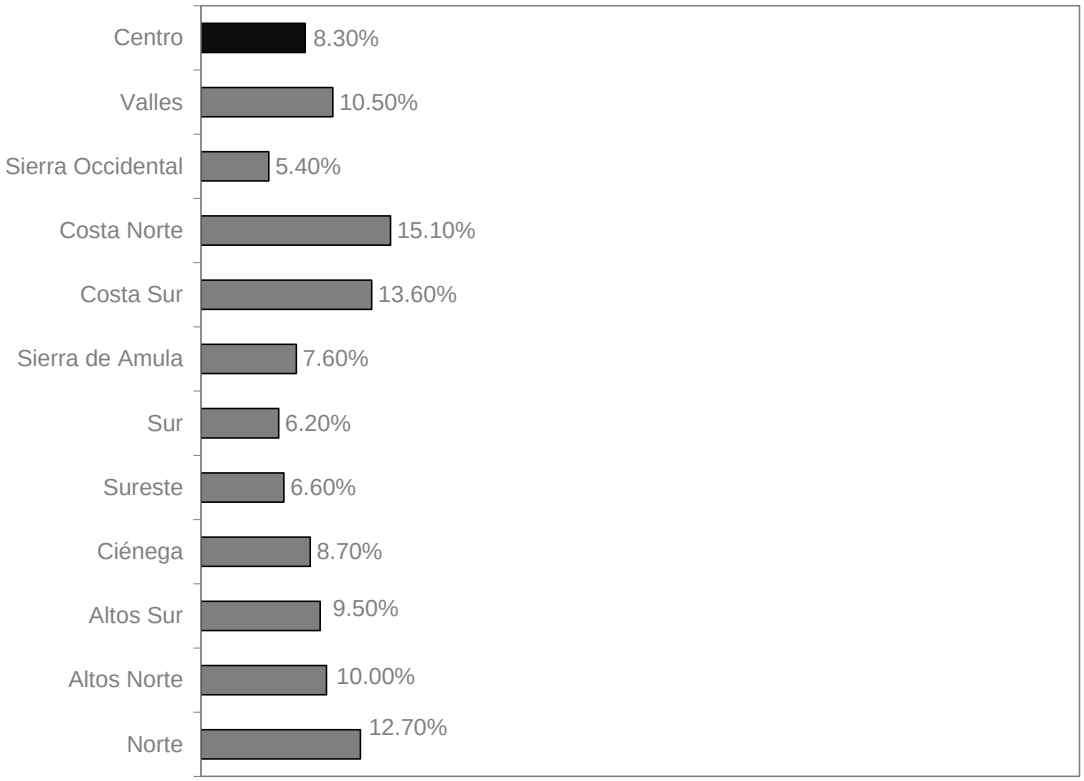
Gráfica 7. Porcentaje poblacional por región.

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

Después de la Región Centro se encuentra la Región Ciénega y las Regiones Altos Sur y Altos Norte, con el 7%, 5% y 5%, de la población estatal, respectivamente (Gráfica II.5). En contraparte, la Región Sierra Occidental es la que menos población presenta, con un total de 64,257 habitantes (0.8%).

2.4.3 Futuro Demográfico

Desde hace veinte años, cuatro regiones presentaban una disminución importante en su población, mientras otras se mantenían estancadas. La Región Sierra de Amula, para el período 1900 – 2005 había perdido el 12.8% de su población, seguida de la Región Sureste con el 10.3% y por primera vez desde 1950, la Región Centro creció a un ritmo ligeramente menor que el estatal. Contrario a lo que se esperaba por las tendencias ya mencionadas, los resultados del Censo 2010 muestran un aumento poblacional fuera del AMG, es decir, en las 12 regiones de Jalisco durante el período 2005-2010.



Gráfica 8. Cambio relativo de la población en las regiones de Jalisco 2005 – 2010.

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

El mayor crecimiento relativo en el periodo mencionado se observó en la Costa Norte con un incremento de 15.1% de su población; la Región Costa Sur con el 13.6%; la Región Norte con el 12.7%; Valles con el 10.5% y Altos Norte 10.0%. La Región Centro creció en un 8.3% y las regiones con aumentos más modestos se presentaron en la Región Sierra Occidental con el 5.4% y la Región Sur con el 6.2%. Esto es sin lugar a dudas, un aliciente para perseverar en los esfuerzos del impulso al desarrollo regional.

Según los resultados del Censo 2010 entre los cinco municipios más poblados del Estado se tiene en primer lugar a Guadalajara, el cual tiene 1.5 millones de habitantes, en segundo lugar se encuentra Zapopan 1.2 millones, seguido de Tlaquepaque con 608 mil habitantes, Tonalá con 479 mil, mientras que Tlajomulco de Zúñiga alcanzó casi los 417 mil, Puerto Vallarta 256 mil, Lagos de Moreno 154 mil y finalmente, El Salto con poco mas de 138 mil habitantes.

Desde la perspectiva a largo plazo, se estima que para el año del 2030 la población de Jalisco podría alcanzar 7.8 millones de habitantes, y de mantenerse las tendencias actuales, la concentración de la población en la Región Centro se acentuará y pasará de representar el 62% al 71% de la población.

El municipio que se proyecta como el más poblado en el AMG para los años venideros es Zapopan, seguido de Guadalajara. De la misma forma se estima que en 2030 los Municipios de Tlajomulco de Zúñiga e Ixtlahuacán de los Membrillos rebasarán en participación de población a la de Tonalá, lo que nos indica que el crecimiento se dirigirá hacia la zona poniente de la Zona Metropolitana (COEPO, 2010).

El crecimiento de la población en los municipios de la ZMG y en la Región Costa Norte (Puerto Vallarta), agudizará la problemática social, de transporte y del medio ambiente de los jaliscienses. En este sentido, es necesario continuar promoviendo la inversión en otras zonas, en función de sus potencialidades, para equilibrar el desarrollo regional del Estado, además de contar con una mejor planeación municipal e integrar nuevos de criterios de sustentabilidad en planes y programas municipales.

2.4.4 Distribución de la Población Sensible

La susceptibilidad a la exposición de contaminantes del aire varía persona a persona, el riesgo individual está determinado, entre otras cosas, por el estado de nutrición, salud, características genéticas, la edad y el sexo de las personas.

En este sentido en personas de 0 a 13 años y mayores a los 65 años, el riesgo a padecer enfermedades respiratorias a consecuencia de la contaminación atmosférica es mayor. Con la finalidad de identificar a la “población sensible”, y con base en el conteo de población del 2010, la población de Jalisco se agrupó en tres grandes grupos de edad: Grupo A, de 0 a 14 años; Grupo B, de 15 a 64 años; y Grupo C, de 65 y más años.

Para determinar la población sensible se sumaron los grupos A (niños) y C (adultos mayores), obteniendo que en Jalisco la población más sensible a padecer

enfermedades respiratorias es de alrededor de 2.5 millones de individuos, los cuales representan el 34% de la población[19].

2.4.5 Dínamica Urbana

En la mayoría de las ciudades, la movilidad urbana se ha convertido en una de las demandas principales de la sociedad, debido a la necesidad de la población para realizar sus actividades cotidianas. Desafortunadamente, los índices de motorización y la demanda de movilidad en vehículos particulares aumentan continuamente, y con ellos el consumo de energéticos no renovables, la contaminación atmosférica, el ruido ambiental y el tráfico vehicular.

A continuación se presentan las principales características de movilidad urbana en las zonas en estudio.

2.4.6 Vías de Comunicación

Jalisco presenta una densidad de longitud de red carretera definida como mediana en gran medida debido a que el Estado exhibe desequilibrios de cobertura, con zonas mal comunicadas y de difícil acceso o desvinculadas de los principales ejes de comunicación en la Sierra Occidental, Sureste y Norte.

En 2009 la red de carreteras y caminos al interior de la entidad tenía una longitud total de 26,837 km, la cual se constituye de la siguiente manera:

- *533 km de carreteras de cuota.*
- *2,113 concesionadas de la red federal.*
- *830 km de carreteras municipales.*
- *93 km de carreteras particulares.*
- *56 km de carreteras fuera de uso.*
- *4,030 km de carreteras estatales, que de acuerdo a la superficie de rodamiento 90.83% son pavimentadas, 5.58% revestidas, 3% empedradas y 0.59% son brechas.*

Respecto a la red de caminos:

- *14,844 km son de terracería revestida.*
- *1,499 km de terracería empedrada.*
- *2,681 km son brecha.*
- *136 km son vereda.*
- *22 km considerados como fuera de uso.*

[19] Consejo Estatal de Población con base en censos y conteos nacionales.

En relación con la disponibilidad de carreteras y caminos a nivel regional, se destaca que el AMG se encuentra bien comunicada a través de una red de autopistas que la vinculan con las principales ciudades del país.

En la Figura II.9 se presenta la capacidad en vialidades al interior del AMG, siendo las vialidades terciarias (capacidad de 1 a 11,000 vehículos por hora), las que se encuentran en mayor porcentaje (50%), seguido de las vialidades secundarias (capacidad de 11,000 a 30,000 vehículos por hora) con el 40% y por último, las vialidades primarias (Avenida Colón, Calzada Lázaro Cárdenas y Anillo Periférico (capacidad de 55,000 a 90,000 vehículos por hora) con el 10%.

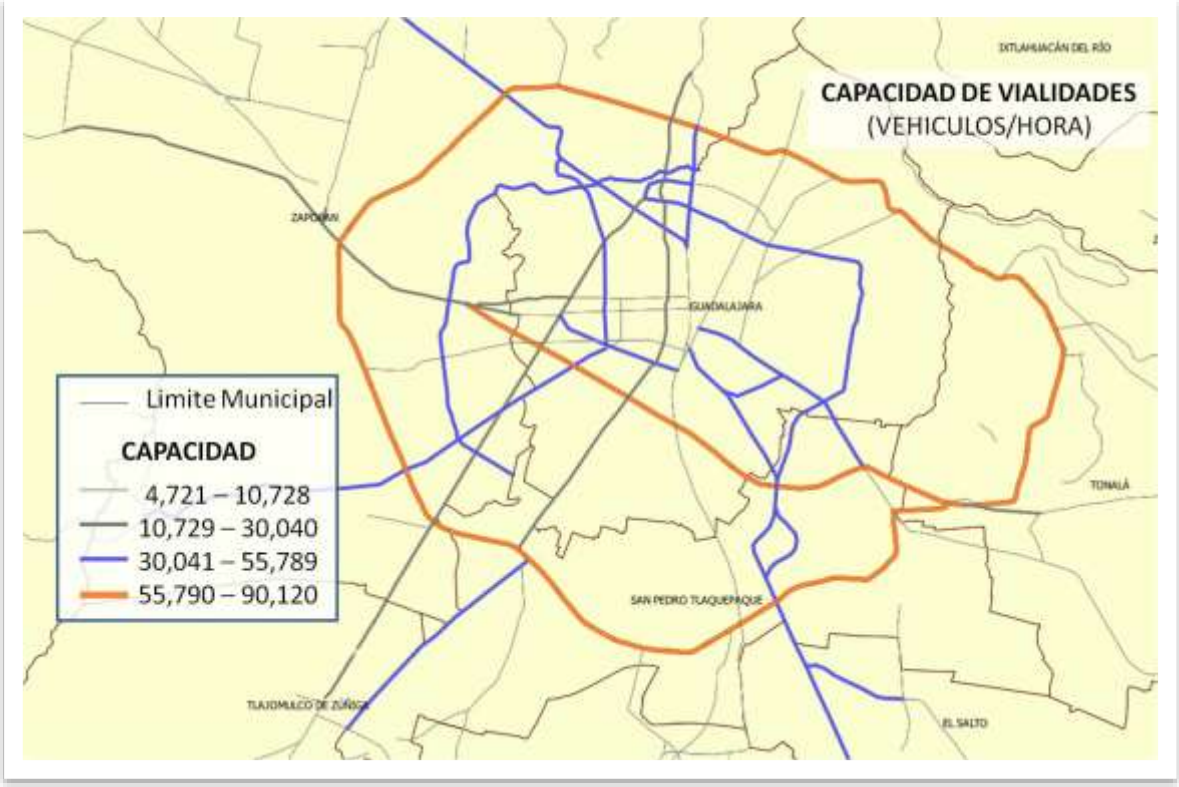


Figura 9. Capacidad en vialidades del AMG.
Fuente: Secretaría de Movilidad.

No obstante lo anterior, durante los últimos 30 años, el interior del AMG presenta graves problemas de congestionamiento vehicular, reduciéndose la velocidad de desplazamiento promedio de 45 a 19 km/h, en las zonas más conflictivas.

2.4.7 Número de Viajes por Tipo de Transporte

Con datos del año 2007, de los casi 10 millones de viajes diarios que se generan en Jalisco, un 37% (3.6 millones de viajes) se realizan exclusivamente a pie, un 28% (2.7 millones de viajes) en transporte colectivo y casi a la par se encuentran los viajes en vehículo motorizado particular con un 27% (2.6 millones de viajes). Los viajes en bicicleta representan apenas un 2% (212,089 desplazamientos diarios).

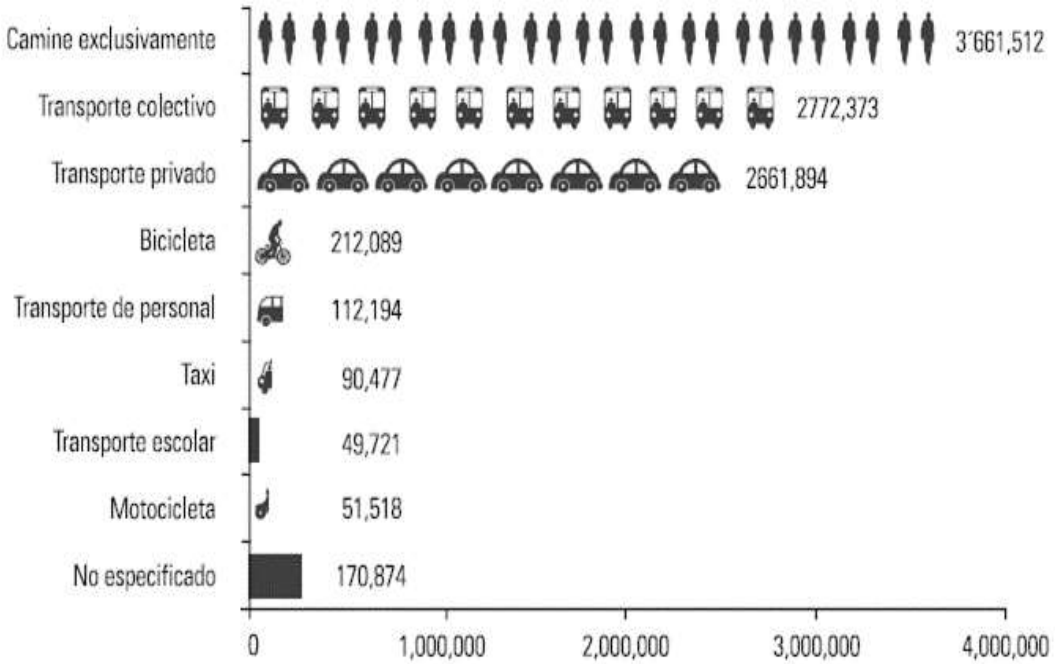


Figura 10. Medio de transporte utilizado por la población en Jalisco.
Fuente: CEIT y OCOIT, 2007.

Cabe destacar que a pesar de que los porcentajes de viajes realizados por el transporte público y el motorizado particular es muy similar, la concentración vehicular se registra principalmente por los autos, utilizando el 94% de las calles y avenidas del AMG.

2.4.8 Transporte Particular

De conformidad con datos de la Secretaría de Finanzas de Jalisco (SEPAF, 2012), en el Estado circulan 2.5 millones de vehículos, de los cuales el 60% (1.5 millones), lo realizan en el AMG.

De la misma forma se considera que otros 300 mil vehículos lo hacen sin estar registrados, debido a que son importados de EE.UU. (autos chocolate) o son originarios de otros estados del país.

En la Tabla 8 se muestra la flota vehicular de las zonas de estudio, siendo Guadalajara el municipio con mayor número de autos registrados (46%), seguido

del municipio de Zapopan (32%). El municipio con menor número de automóviles es El Salto.

Municipio	<= 1979	1980 - 1986	1987 - 1993	> =1994	Total	%
El Salto	4,779	5,090	6,690	11,763	28,322	1.8
Guadalajara	88,840	101,701	157,204	365,141	712,886	46.4
Ixtlahuacán de los Membrillos	923	1,270	1,953	3,147	7,293	0.5
Juanacatlán	627	852	1,321	2,011	4,811	0.3
Tlajomulco de Zúñiga	6,467	7,757	12,180	34,285	60,689	3.9
Tlaquepaque	21,649	23,861	32,263	64,260	142,033	9.2
Tonalá	16,451	17,688	23,816	38,679	96,634	6.3
Zapopan	44,809	55,517	95,267	289,774	485,367	31.6
AMG	**184,545**	**213,736**	**330,694**	**809,060**	**1,538,035**	**100**

Tabla 8. Flota vehicular.
Fuente: SEPAF, 2012

Alrededor del 48% del parque vehicular del AMG tiene una antigüedad mayor de quince años y no cuentan con convertidor catalítico. Así mismo, conforme a los datos del Programa de Control de Emisiones Vehiculares, para el año del 2014, solamente el 12.13% de la flota vehicular había sido verificada (SEMADET 2014).

No obstante los problemas de movilidad que presenta el AMG, la población que se desplaza en automóvil, con respecto a la que usa el transporte público, va en aumento. De acuerdo con datos de la misma Secretaría de Planeación Administración y Finanzas (SEPAF, 2012); en Jalisco el parque vehicular, en 1980 tenía una relación de 9.8 habitantes por automóvil (509 mil automóviles), mientras que para el año del 2009 llegó a 3 habitantes por automóvil, lo que representa el promedio de autos por habitante más alto del país, el doble del promedio nacional y mayor que el de la Ciudad de México, que tiene un auto por cada cuatro habitantes.

El periodo de mayor crecimiento de la flota vehicular se presentó dentro del año 2000 al 2008, periodo en el parque vehicular creció en un 50%, mostrando un crecimiento anual del 7% (SEPAF, 2012).

Con base en esta información se espera que para el 2014 en Jalisco circulen más de 3 millones de vehículos y para el 2030 la flota vehicular se triplicará llegando a 9 millones de vehículos.

2.4.9 Transporte Público

Muchos han sido los intentos por mejorar la prestación de este servicio en el AMG en los últimos años, algunos enfocados a mejorar la tecnología aplicada, otros a la ampliación de la cobertura, y algunos más a organizar las líneas de transporte.

Actualmente, por primera vez se plantea una restructuración total con el Nuevo Modelo de Transporte Público del Estado de Jalisco, el cual plantea una propuesta integral para mejorar y hacer eficiente este sistema, que se estima transporta diariamente al 38% de la población de la zona metropolitana, en aproximadamente 5,000 unidades.

Conforme información del Plan Maestro de Movilidad Urbana los problemas actuales que presenta el transporte público se puede atribuir al sobre posicionamiento de rutas de transporte público, el crecimiento desordenado del sistema y el número excesivo de paradas.

Como se muestra en la Tabla 9, el 95% del total de autobuses en el AMG, tiene una antigüedad mayor o igual a 16 años, concentrándose el mayor número de autobuses en Guadalajara (63%) y Zapopan (20%).

Municipio	<= 1979	1980 - 1986	1987 - 1993	> =1994	Total
Guadalajara	114	94	198	8,573	8,979
Zapopan	13	11	65	2,734	2,823
Tlajomulco de Zúñiga	22	12	44	1,174	1,252
Tonalá	5	2	10	657	674
Tlaquepaque	5	11	36	201	253
El Salto	1	4	31	134	170
Total AMG	160	134	384	13,473	14,151
Porcentaje	1.1	0.9	2.7	95.2	100.0

Tabla 9. Autobuses en el AMG.
Fuente: SEPAF, 2012.

En lo que respecta al servicio de taxis, Jalisco cuenta con un total de 15,064 unidades, de las cuales 11,780 (78%) se encuentran emplacados en el AMG y de ellos, 5,582, es decir el 47%, tienen una edad mayor a 8 años.

Año-Modelo	1990-2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Guadalajara	1,348	1,378	934	591	938	691	616	424	413	201	7,534
El Salto	19	28	8	10	9	7	8	4	7	4	104
Tlajomulco	24	35	23	11	27	16	25	11	14	4	190
Tlaquepaque	163	162	138	69	121	93	85	66	60	29	986
Tonalá	93	103	67	51	90	49	50	42	27	18	590
Zapopan	371	391	297	206	310	235	195	150	153	68	2,376
Total	2,018	2,097	1,467	938	1,495	1,091	979	697	674	324	11,780
Porcentaje	17.0	18.0	12.0	8.0	13.0	9.0	8.0	6.0	6.0	3.0	100

Tabla 10. Taxis en el AMG.
Fuente: SEPAF, 2012.

Como apoyo para el sistema de transporte público, el AMG cuenta con el Tren Ligero, el PreTren, el Trolebús y el Macrobús.

El Tren Ligero de la Ciudad de Guadalajara, inaugurado en 1989, cuenta actualmente con 48 trenes de dos coches biarticulados y 29 estaciones de servicio distribuidas en toda su red (línea 1 y línea 2), la cual cubre una ruta de 24 km.

El PreTren fue creado como una extensión de la línea 2 del Tren Ligero, cubriendo así los cuatro puntos cardinales del AMG. Su recorrido total es de 26.5 km y tiene una extensión entre terminales de 12.5 km, con 47 paradas distribuidas en los municipios de Guadalajara y Zapopan (Figura 11).



El Trolebús de Guadalajara cuenta con dos líneas que comunican el Oeste con el Este y el Norte de la Ciudad. Para mejorar el servicio y la vida útil de los trolebuses, se llevó a cabo un programa de remodelación de unidades por parte del Sistema de Transporte Colectivo de la Zona Metropolitana (Sistecozome).

Figura 11. Autobús denominado "Pre tren".

El Macrobús es un sistema BRT (Bus Rapid Transit, por sus siglas en inglés), que cuenta actualmente con 27 estaciones.



Su recorrido pretende ser en línea recta, con un tiempo programado y velocidad máxima de 60 km/h, sin importar el tráfico, gracias a su carril confinado y exclusivo.

Actualmente, el parque vehicular del Macrobús consiste de 41 autobuses articulados de marca AB Volvo modelo 7300, cuentan con un motor de fabricación brasileña con una planta de poder de 340 caballos de fuerza con tecnología Euro4, la cual emite hasta 30% menos NO_X y mediante el combustible de Ultra Bajo Azufre (UBA), se reduce 90% la contaminación por este elemento químico.

Figura 12. Vista General del Macrobús.

2.4.10 Sistema Ferroviario y Aéreo

Jalisco se une al sistema ferroviario nacional por medio de tres ejes troncales: el Guadalajara-Mexicali, que une a la entidad con las regiones del Pacífico y del Norte de la República hasta la frontera con EE.UU.; el Guadalajara-Manzanillo, que permite la comunicación con el Puerto, y la línea Guadalajara-México que lo comunica con el Centro de la República, teniendo una longitud vías férreas estatales de 1,109 km (SCT, 2007). Adicionalmente, en Jalisco se encuentra uno de los tres servicios de pasajeros que hay en el país, denominado "Tequila Express", el cual va del AMG al Municipio de Tequila.

El problema más grave que presenta el sistema ferroviario estatal de carga es que las diferentes vías confluyen en el AMG y la entrada de carga con diferentes

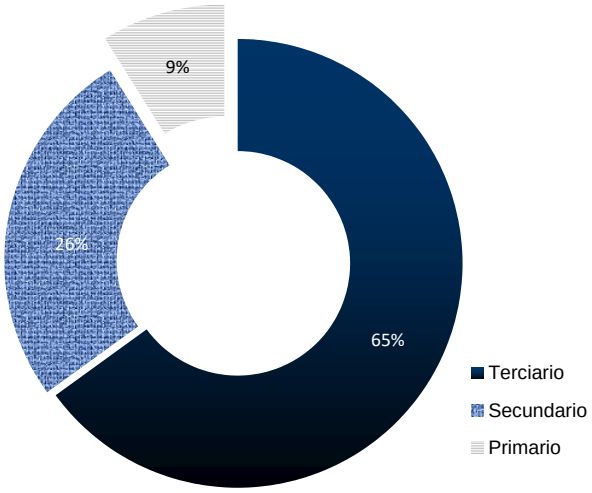
destinos provoca sistemáticamente la demora en la entrega. Aunado a esto, el proceso de privatización de las vías generales de comunicación y del sistema ferroviario en particular, llevó a que este último se orientara al manejo logístico de mercancía y se olvidara por completo la movilidad de pasajeros, el cual podría ser utilizado para la movilidad masiva de la población en el AMG.

Finalmente, Jalisco cuenta con dos aeropuertos: el Internacional “Miguel Hidalgo”, en Guadalajara, categoría seis, y el Internacional “Gustavo Díaz Ordaz” en Puerto Vallarta, con categoría cinco. Ambos colocan al Estado en el segundo lugar a escala nacional en cuanto a servicios aéreos comerciales.

2.5 DESARROLLO ECONÓMICO

Por su aportación al producto interno bruto nacional (PIB)[20], Jalisco es la cuarta economía en importancia del país (INEGI, 2010) y se estima, con base en su crecimiento, diversidad y competitividad económica, que ésta se mantendrá a mediano plazo en el mismo nivel. En las últimas décadas Jalisco ha experimentado una transformación paulatina de sus actividades económicas, pasando de ser una economía rural a una economía industrial, manufactura y de servicios.

Actualmente en la entidad, el 65% de la población ocupada, labora en el sector terciario (servicios), mientras que el 26% lo hace en el sector secundario (industrial) y solamente el 9% se dedica a labores del sector primario (agricultura, ganadería, pesca y silvicultura), tal y como se muestra en la gráfica siguiente (COEPO, 2010).



[20] El Producto Interno Bruto (PIB) representa el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un periodo determinado.

Gráfica 9. Población ocupada por cada uno de los tres sectores.

Fuente: COEPO[21], 2011.

2.5.1 Sector Primario

Si bien, la población económicamente activa (PEA) en el sector agropecuario ha disminuido, el Estado se distingue por ser el primer lugar nacional en producción agrícola y agropecuaria, destacando los cultivos de maíz, sorgo, frijol, arroz, cebada, trigo, caña de azúcar, alfalfa, papa, agave, jitomate, papaya, aguacate, plátano y limón agrio (PEDJ, 2010).

La superficie sembrada y cosechada remarca la importancia de las regiones Altos Norte, Ciénega, Sur, Costa Sur, Valles y Centro con 67% de la superficie estatal, resaltando el cultivo del maíz para grano, que cubre aproximadamente el 40% del total. Otro cultivo de importancia, es la caña de azúcar, debido a que durante 2008-2009, los ingenios presentes en los Municipios de Tamazula de Gordiano, Tala y Ameca, procesaron un poco más de 700 mil toneladas de azúcar, lo que representó el 13% de la producción nacional (SIAP, 2009).

Seguido de estos dos cultivos se encuentra la siembra del agave tequilero para la producción del tequila (referente de la región), la cual tuvo para el periodo del 2005 al 2010, una producción promedio de 257 millones de litros, con un consumo aproximado de 1,015 millones de toneladas de *Agave tequilana weber* variedad azul (Consejo regulador del tequila, 2009) siendo la Región Valles la que ocupa el primer lugar a nivel estatal en el cultivo de agave.



Figura 13. Ejemplo de Cultivos de *Agave tequilana weber* y recolección de la caña de azúcar.

[21] Actualmente Instituto de Información Estadística y Geográfica (IIEG)

Una de las causas principales de la disminución de la producción agrícola en Jalisco es el aumento de las actividades ganaderas, las cuales se han convertido en un referente nacional, debido a que la entidad también es el productor más importante a nivel nacional de leche de vaca, carne de porcino y huevo para plato (PEDJ, 2010).

La producción de leche se concentra en los Municipios de Lagos de Moreno, Encarnación de Díaz y San Juan de los Lagos. El 65% de producción porcícola se realiza en las regiones Altos Norte y Altos Sur y el 90% de las aves productoras de huevo para plato se ubican en la Región Altos Norte (PEDJ, 2010).

La importancia de los sectores económicos radica no sólo en su impacto como actividad económica, sino también en los efectos ambientales derivados de sus procesos, tal es el caso de la generación de COV por el consumo excesivo de fertilizantes en la agricultura, la generación de amoníaco (NH_3) en la ganadería por la descomposición de los residuos del ganado o la generación de CO, SO_2, $PM_{2.5}$ y PM_{10} durante las quema de la zafra de caña de azúcar.

2.5.2 Sector Secundario o Industrial

La actividad industrial jalisciense muestra una diversificación y sistemas productivos locales caracterizados por la aglomeración de empresas dedicadas a la misma actividad productiva.

Según datos del COEPO con datos del año 2010 la actividad manufacturera generó 26% del total del PIB de Jalisco, actividad en la que sobresale la contribución de las ramas de alimentos y bebidas, y en menor medida la industria química y de plásticos, textil, del vestido, calzado, madera, vidrio, papel, talabartería y muebles (PEDJ, 2010).

- *La industria alimentaria se encuentra ligada a la capacidad productiva del sector agropecuario, principalmente por la producción de tequila y azúcar.*

- *La industria del mueble se ubica entre las principales actividades manufactureras de Jalisco, con un total de 1,115 empresas, ubicados casi todos en zonas habitacionales de los municipios de Ocotlán, Tlaquepaque y Tonalá.*

- *El sector de la electrónica, software y autopartes automotrices, ligado a empresas maquiladoras ubicadas principalmente en el Municipio de Guadalajara.*

La elaboración, cocción y quema de piezas de ladrillo, tabique y tabicón es otra actividad tradicional artesanal y sobresaliente en varios de los municipios del Estado, en donde existen más de 2,000 ladrilleras, mismas que generan miles de empleos directos e indirectos para las comunidades y propician, un importante mercado regional.



Figura 14. Hornos de las ladrilleras y preparación de los ladrillos.
Fuente: SEMADET, 2011.

En el AMG se encuentran 881 ladrilleras: 19 en Guadalajara, 140 en Zapopan, 100 en Tlaquepaque, 295 en Tonalá, 130 en Tlajomulco de Zúñiga y 197 en El Salto (SEMADET, 2011).

La generación de contaminantes en el sector industrial, depende en gran medida de la tecnología utilizada en los procesos de producción, la calidad de combustibles y los sistemas de control de contaminantes utilizados, aspectos que van ligados fuertemente con la economía de la región. Por ende es indispensable mejorar e impulsar el desarrollo del sector desde un punto sustentable.

2.5.3 Sector Terciario o Comercial y de Servicios

El sector servicios es un importante motor de la economía estatal, se encuentra vinculado directamente con las manufacturas, el turismo, así como con la demanda educativa y financiera de todo el occidente del país. La aportación que el sector de servicios comunales, financieros y de transporte realizó al PIB de Jalisco fue de 42% en el año 2004, correspondiendo 15% a servicios comunales, 14% a servicios financieros y el restante 13% a transporte y almacenaje (INEGI, 2010).

Por el número de unidades económicas y personal ocupado, sobresalen los servicios de alojamiento y preparación de alimentos y bebidas, salud, servicios

profesionales y científicos, transporte, correos y almacenamiento, apoyo a negocios y manejo de residuos, esparcimiento y servicios inmobiliarios y de alquiler. La Región Costa Norte concentra el 74% de la derrama económica estatal en materia turística, mientras que la Región Centro (específicamente el AMG) concentra la mayor derrama de servicios.

2.6 CONSUMO ENERGÉTICO

En la Tabla 11 se resume el balance energético de Jalisco, considerando los principales sectores económicos y los combustibles. Resalta el consumo que se tiene de gasolinas y diesel, que es mayoritariamente para uso vehicular (58%), registrando un consumo total de 2.6 millones de metros cúbicos al año. Así mismo, es relevante el alto consumo de combustóleo en la industria.

Combustible	Transporte	Industria	Servicios	Total
Gasolinas	29.44			29.44
Diesel	29	5.81	0.04	34.85
Combustóleo		20.92	0.04	20.96
Gas LP.		0.97	6.56	7.53
Gas Natural		7.2	0.02	7.22
Coke		CD		CD
Total	58.44	34.9	6.66	100

Tabla 11. Porcentaje estatal del consumo de combustibles.
Fuente: Datos de PEMEX, CD: Consumo despreciable.

Por el contrario, Jalisco es una de las demarcaciones con menor demanda nacional de gas natural (GN), En 2007 se consumió solamente 47.2 millones de pies cúbicos diarios (mmpcd), correspondiente al 0.7% del consumo del país. Los sectores con mayor demanda de GN en Jalisco durante el 2007 fueron el industrial y de autogeneración de electricidad.

En el ámbito local, es de destacar que la energía que consume Jalisco proviene en su mayoría de otros estados (más del 97%), produciéndose a nivel local sólo el 3% restante, lo que representa el 0.78% del total nacional. Sin embargo, Jalisco se encuentra en el primer lugar del país en usuarios de energía eléctrica y el segundo en materia de consumo ante la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En relación al sector energético Jalisco cuenta con seis centrales generadoras de electricidad, de las cuales cinco son plantas hidroeléctricas y una termoeléctrica, con una capacidad conjunta efectiva de 370 Mega watts.

Las hidroeléctricas están ubicadas en las localidades de Puente Grande, Colimilla y M. Rojas, del Municipio de Tonalá; las “Juntas”, ubicada en El Salto; “Manuel M. Diéguez”, ubicada en el Municipio de Amatitán; y “Valentín Gómez Farías”, en el

Municipio de Zapopan, en tanto que la termoeléctrica se ubica en la población “El Verde” del Municipio de El Salto.

En Jalisco numerosos sectores utilizan diesel y combustóleo como combustibles, lo cual tiene como consecuencia la emisión de altas concentraciones de SO_X y partículas. Por el contrario el uso de fuentes de energía alternas y el uso combustible más limpios es bajo. Adicionalmente, el Estado presenta uno de los niveles más altos de consumo de gasolina y diesel en el transporte. La suma de todo lo anterior, hace apremiante el desarrollo y consumo de combustibles menos contaminantes, así como el uso y aprovechamiento de energías alternas.

proAire



3

Inventario de Emisiones

SEMARNAT

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

3.- INVENTARIO DE EMISIONES

3.1 INVENTARIO DE EMISIONES

Los inventarios de emisiones (IE) son herramientas fundamentales en la gestión de la calidad del aire, estos inventarios tienen el objetivo de identificar las fuentes de emisión que descargan contaminantes en la atmósfera, así como estimar la magnitud de tales emisiones en un periodo de tiempo determinado (generalmente un año). Un IE actualizado es fundamental para definir y establecer políticas y estrategias de reducción de las emisiones de contaminantes del aire. El año base o año de referencia para las estimaciones que a continuación se presentan corresponden a 2008.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INVENTARIO

Este inventario de emisiones contiene la estimación de emisión para los siguientes contaminantes: óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas (PM_{10} / $PM_{2.5}$) y amoniaco (NH_3).

La emisión de estos contaminantes fue estimada para las siguientes fuentes de emisión: ***fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles (carreteras y no carreteras) y naturales.***

Los cálculos para estimar las emisiones de los contaminantes seleccionados, se realizaron con base en la metodología de estimación que recomienda la autoridad federal ambiental (Radian International 1997) y que se encuentra descrita en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México.

Los alcances y características del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterios del Estado de Jalisco 2008, se describen en la siguiente tabla.

Característica	Descripción
Año base	2008
Cobertura geográfica	• Todos los municipios del Estado
Resolución espacial y temporal	• Estatal, anual.

Característica	Descripción
Contaminantes incluidos	• Óxidos de azufre (SO_X), • Óxidos de nitrógeno (NO_X) • Monóxido de carbono (CO) • Compuestos orgánicos volátiles(COV) • partículas de diámetro aerodinámico 10 micrómetros (PM_{10}) y 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) • Amoniaco (NH3)
Categorías incluidas	• Fuentes puntuales. • Fuentes de área. • Fuentes móviles. • Fuentes naturales.

Tabla 12. Principales características del IE.

3.2.1 Descripción de las Categorías de las Fuentes de Emisión

- **Fuentes fijas**

Se refiere a los establecimientos industriales asentados en la zona, que generalmente emiten contaminantes a través de chimeneas, aunque también pueden ser emisiones no conducidas, conocidas como “fugitivas”, y cuya estimación de emisiones se efectúa en forma individual; la regulación nacional las clasifica como fuentes fijas de jurisdicción federal o estatal.

Las emisiones de esta categoría se estimaron a partir de la información reportada en las cédulas de operación anual de los establecimientos industriales de jurisdicción federal, disponibles en la DGGCARETC de la SEMARNAT, o bien, a partir de la información recopilada por la SEMADET para las fuentes fijas de jurisdicción estatal.

- **Fuentes de área**

Dentro de la categoría de fuentes de área se incluyen establecimientos comerciales y de servicios, así como actividades que emiten contaminantes en cantidades que resultan relativamente bajas y cuyas emisiones no es factible estimar en forma individual, pero que debido a su número o intensidad, generan importantes emisiones tales como: casas habitación, talleres mecánicos, tintorerías, panaderías, lavanderías, imprentas, entre otros.

En esta categoría se incluyen también actividades relacionadas con las emisiones evaporativas y fugitivas de compuestos orgánicos, debido al consumo doméstico e industrial, aplicación de pintura arquitectónica, en señalización vial y por pavimentación, así como emisiones asociadas a incendios forestales y quemas agrícolas intencionales.

Se incluyen actividades que emiten NH_3, como la ganadería, y actividades con generación de partículas como construcciones y circulación por caminos no pavimentados.

- **Fuentes móviles.**

Incluyen los vehículos automotores que circulan por calles y carreteras dentro de la zona urbana, y que están registrados en los municipios considerados en el ProAire; estos vehículos se encuentran agrupados de acuerdo a su peso, y en algunos casos de acuerdo a su uso (por ejemplo, taxis).

De esta manera, se incluyen automóviles, camionetas, camiones ligeros, medios y pesados; de servicio privado y de servicio público, de carga y de pasajeros; que emplean diesel o gasolina como combustible. Cabe mencionar que esta categoría no incluye otras fuentes móviles, como aviones, trenes o embarcaciones, ni la actividad vehicular en autopistas.

- **Fuentes móviles no carreteras.**

En esta categoría se incluyen las emisiones correspondientes a la aviación comercial, locomotoras de arrastre y de patio.

- **Fuentes naturales.**

Se consideran los cultivos y la vegetación que emiten contaminantes como resultado de su metabolismo y de los procesos de desnitrificación.

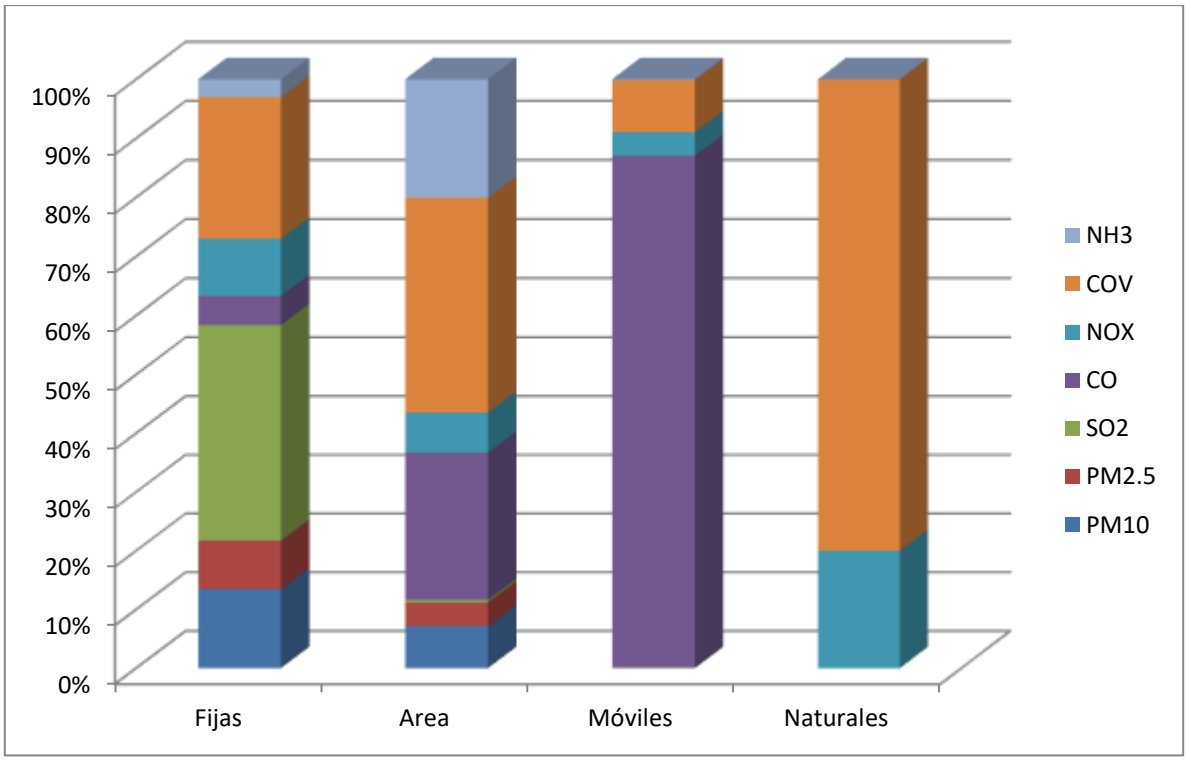
3.3 INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Se presenta el IE del Estado, para el año base 2008. La Gráfica 10 compara la magnitud de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, así como la categoría de fuente de emisión.

FUENTES	Emisiones (Mg/año)						
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
Fijas	8,767.76	5,398.81	23,897.00	3,216.43	6,322.57	15,622.70	1,983.16
Área	24,642.44	14,470.49	1,727.60	93,470.67	24,705.79	131,153.17	72,324.15
Naturales	-	-	-	-	85,757.86	342,958.90	-
Móviles	4,259.34	3,707.03	3,263.66	4,275,280.43	206,219.57	433,092.40	7,993.75
Totales	**37,669.54**	**23,576.33**	**28,888.26**	**4,371,967.53**	**323,005.79**	**922,827.17**	**82,301.06**

Tabla 13. Inventario de emisiones, año base 2008.

Notas: Es posible que el total de las emisiones sea diferente de las suma de subtotales, debido al redondeo de cifras.
NE: No estimadas.
Fuente: (SEMADET, 2013).



Gráfica 10. Porcentaje de emisiones de contaminantes a la atmósfera, por contaminante.
Fuente: SEMADET, 2013.

Nota: Es importante recordar que cada contaminante tiene características peculiares e impone riegos distintos sobre la salud humana y sobre el ecosistema, por lo que no es correcto interpretar que los contaminantes emitidos en mayor cantidad son los responsables de los principales riesgos. Por ejemplo, el caso de las PM_{10} y $PM_{2.5}$, que normalmente representan los mayores riesgos para la salud de la población, pese a que la masa de emisiones de partículas es solo una pequeña fracción de las emisiones de CO.

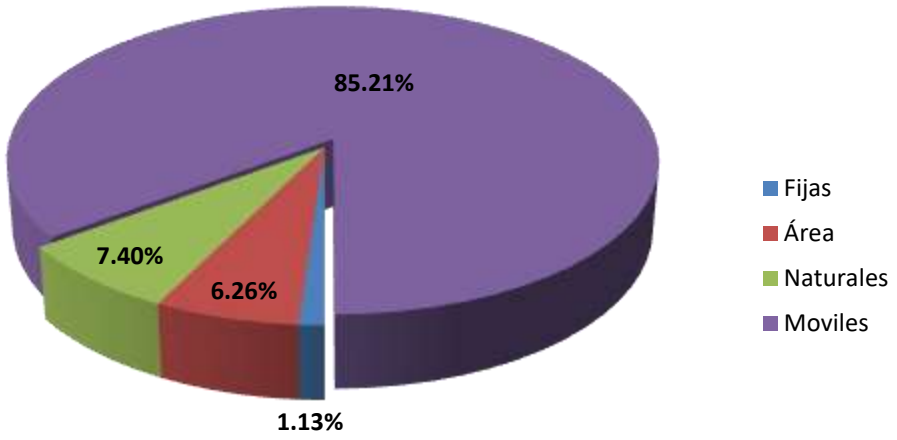
La gráfica anterior muestra que el contaminante que se emite en mayor cantidad es el CO, 4.3 millones de toneladas métricas por año; un orden de magnitud por debajo se encuentran los COV y los NO_X, seguido por las emisiones de NH_3, SO_2, las PM_{10} y $PM_{2.5}$.

En la siguiente tabla se presenta la contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones de cada fuente. Esta misma información permite apreciar claramente la contribución de cada categoría en la emisión de cada contaminante.

Fuente	Totales	Porcentaje
Fijas	65,208.43	1.13%
Área	362,494.31	6.26%
Naturales	428,716.76	7.40%
Móviles	4,933,816.18	85.21%
Totales	**5,790,235.68**	**100%**

Tabla 14. Contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones del año 2008.
Fuente: SEMADET, 2013.

Notas: Es posible que el total de las emisiones sea diferente de las suma de subtotales debido al redondeo de cifras.
NE: No estimadas.
Fuente: (SEMADET, 2013)



Gráfica 11. Contribución porcentual de cada categoría, al total de las emisiones.
Fuente: SEMADET, 2013.

En la Tabla 14 y la Gráfica 11 resalta la contribución de las fuentes móviles cuya principal emisión son el CO, así como las fuentes fijas a las emisiones de SO_2, y de COV; la aportación principal de las fuentes móviles carreteras a las emisiones de CO, NO_X y COV.

Las fuentes de área son las principales emisoras de COV y de NH_3.

En la sección siguiente se presenta el inventario desagregado para las subcategorías que conforman cada categoría. Esto permite identificar con mayor precisión las fuentes de emisión de cada contaminante y la causa de tales emisiones.

3.3.1 Inventario de Emisiones Desagregado

En esta sección se presentan las distintas subcategorías que conforman las categorías de fuentes de emisión, así como la magnitud de sus emisiones. Esto permite un mejor entendimiento del origen de las emisiones y hacia donde debe orientarse la atención y los principales esfuerzos.

La Tabla 15 presenta el IE desagregado, para el mismo año base 2008 .

Tabla 15. Inventario de emisiones desagregado, año base 2008.

Tipo de fuente	Mg/año						
FIJAS	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Industria del petróleo y petroquímica	0.04	0.03	0.92	0.14	0.69	2,993.26	0.01
Química	465.34	315.95	7,755.51	212.63	946.40	4,587.65	16.39
Pinturas y tintas	132.68	76.00	0.51	0.18	0.74	651.08	0.03
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	244.64	183.83	116.78	129.34	263.74	30.13	5.49
Automotriz	26.25	16.33	436.99	26.76	50.55	92.09	0.88
Celulosa y papel	121.66	88.65	2,630.99	62.43	327.48	122.07	5.10
Cemento y cal	705.66	500.47	3,226.80	541.75	1,701.19	8.14	0.52
Asbesto	2.37	1.25	0.01	1.51	1.80	0.10	0.06
Vidrio	125.54	121.09	233.64	266.14	634.84	3.84	2.24
Tratamiento de residuos peligrosos	0.55	0.39	7.27	1.77	2.46	15.89	0.07
Acabado y tratamiento a vidrio y/o cristales	0.20	0.20	0.00	1.41	5.34	49.07	0.02
Curtido y acabado de cuero y/o piel y sus productos	0.45	0.30	0.26	0.51	2.57	10.66	0.04
Edición, encuadernación y/o impresión	3.62	2.36	65.06	0.55	6.00	1,543.11	0.09

Extracción y/o beneficio de minerales no metálicos	14.88	7.54	0.31	0.94	4.33	0.34	0.01
Fabricación de artículos y productos de cerámica, arcilla o similares	22.51	14.34	394.83	7.31	52.25	1.80	1.16
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	57.50	41.79	913.20	7.67	74.65	485.07	1.23
Fabricación de artículos y productos metálicos	2.34	1.87	6.66	1.22	3.68	103.38	0.09
Fabricación de productos y artículos de madera	2.12	1.91	0.02	3.53	0.74	32.42	0.00
Fabricación de productos y artículos de plástico	13.84	10.09	147.26	2.96	23.00	396.38	0.24
Industria alimenticia	6,691.34	3,927.77	7,883.10	1,926.83	2,148.67	4,457.55	1,948.47
Industria textil	10.90	7.58	70.63	6.02	16.37	17.28	0.25
Manejo de residuos peligrosos	0.63	0.44	0.00	0.09	0.55	0.01	0.00
Maquila de acabado y pintado de piezas metálicas y de otros materiales	14.44	13.92	0.00	0.05	0.32	7.47	0.00
Producción de aparatos, equipos y/o accesorios eléctricos y/o electrónicos	38.74	19.73	0.90	3.61	9.99	11.28	0.20
Producción de asfalto y sus mezclas para pavimentación	42.73	27.79	3.90	7.97	35.89	2.42	0.32
Producción de concreto premezclado	26.68	17.16	1.01	2.50	5.54	0.14	0.20
Producción de perfumes, cosméticos y similares a base de mezclas	0.03	0.03	0.00	0.18	1.03	0.04	0.00
Producción de velas y veladoras	0.08	0.03	0.44	0.43	1.78	0.02	0.06
Total de Emisiones de Fuentes Fijas	**8,767.76**	**5,398.81**	**23,897.00**	**3,216.43**	**6,322.57**	**15,622.70**	**1,983.16**

Tipo de fuente	Mg/año						
ÁREA	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Combustión industrial	7.87	7.37	0.04	43.67	251.09	4.22	0.53
Combustión comercial	14.16	14.16	0.09	84.77	447.15	8.18	0.07
Combustión agrícola	1346.19	1346.19	1256.37	4120.80	19154.28	7.01	0.00
Combustión doméstica	4691.88	4521.18	58.88	34399.76	2921.97	30362.16	4.16
Artes gráficas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6341.66	0.00
Asfaltado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	550.33	0.00
Lavado en seco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1373.54	0.00
Pintado automotriz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1752.32	0.00
Pintura para señalización vial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.57	0.00
Recubrimiento de superficies en la industria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3126.19	0.00
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14930.59	0.00
Uso comercial y doméstico de solventes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22037.89	0.00
Limpieza de superficies industriales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13468.03	0.00
Manejo y distribución de gas LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18227.91	0.00

Manejo y distribución de gasolina y diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4770.27	0.00
Actividades de construcción	2478.79	515.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asados al carbón	556.52	444.20	0.00	1107.94	20.42	71.48	0.00
Panificación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	271.24	0.00
Aplicación de fertilizantes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9582.11
Aplicación de plaguicidas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	930.80	0.00
Emisiones ganaderas de amoniaco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54895.00
Corrales de engorda	817.77	93.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Labranza	8459.84	1875.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Quemas agrícolas	3137.13	2995.07	120.36	22482.74	885.89	2117.07	355.23
Aguas residuales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8543.11	0.00
Incendios en construcciones	2.06	1.93	-	32.75	0.78	2.03	0.00
Incendios forestales	3130.09	2656.14	291.23	30972.68	936.95	2162.78	310.39
Emisiones domésticas de amoniaco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7176.58
Esterilización de material hospitalario	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00
Terminales de autobuses	0.14	0.10	0.63	225.55	87.26	19.18	0.08
Total de Emisiones de Fuentes de Área	**24,642.44**	**14,470.49**	**1,727.60**	**93,470.67**	**24,705.79**	**131,153.17**	**72,324.15**

Tipo de fuente	Mg/año						
MÓVILES	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Autobuses de transporte urbano	75.68	63.25	75.56	116,937.71	9,472.99	5,737.30	32.89
Autos particulares	362.84	204.45	795.05	1,145,627.03	66,522.96	118,827.51	3,551.52
Motocicletas	82.79	47.36	69.63	230,407.99	2,709.36	54,629.15	71.55
Pick-up	322.67	201.21	735.08	1,901,430.85	45,713.92	168,328.87	2,555.29
Taxis	23.45	13.18	51.61	65,142.49	7,257.24	4,886.63	230.51
Tractocamiones	33.67	30.10	26.51	6,030.37	4,000.69	871.25	4.62
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	172.26	102.74	561.76	508,115.18	25,957.17	55,087.63	1,410.76
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	323.91	271.52	320.47	287,279.35	24,933.24	21,693.52	136.62
Aviación	21.96	21.96	146.74	1,602.07	1,275.28	285.65	0.00
Embarcaciones marinas	23.84	23.27	240.39	15.18	167.69	2.11	0.00
Equipo básico en aeropuertos	5.78	5.60	14.53	1,493.15	175.16	52.37	0.00
Locomotoras de arrastre	48.37	43.45	17.49	192.11	1,949.24	72.14	0.00
Locomotoras de patio	4.52	4.07	1.19	18.71	177.73	10.31	0.00
Maquinaria de uso agropecuario	2,631.36	2552.42	192.56	10,436.19	14,786.10	2,494.97	0.00
Maquinaria para construcción	126.24	122.46	15.10	552.04	1,120.80	112.99	0.00
Total de Emisiones de Fuentes Móviles	**4,259.34**	**3,707.03**	**3,263.66**	**4,275,280.43**	**206,219.57**	**433,092.40**	**7,993.75**

Tipo de fuente	Mg/año						
NATURALES	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Naturales	N/E	N/E	N/E	N/E	85,757.86	342,958.90	N/E

N/E: No Estimado

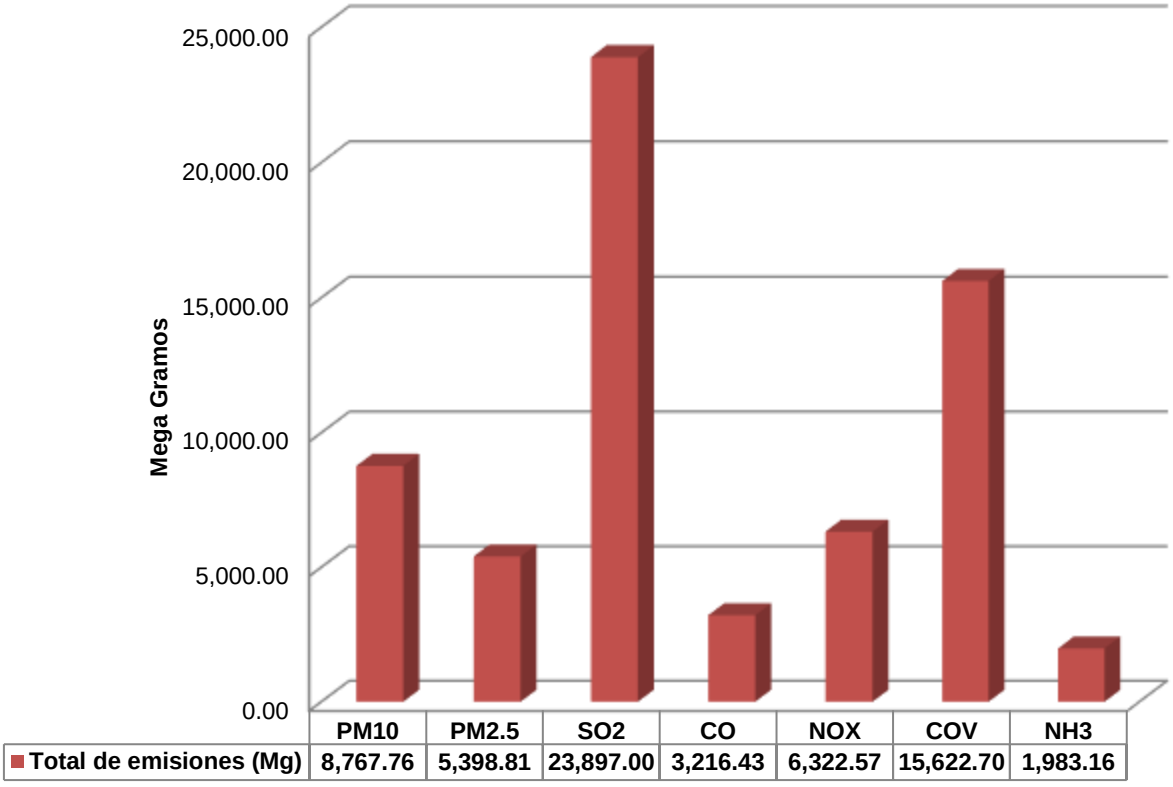
Resumen del total de emisiones por contaminante

	Mg/año						
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
Emisiones totales	**37,669.54**	**23,576.33**	**28,888.26**	**4,371,967.53**	**323,005.79**	**922,827.17**	**82,301.06**
Porcentaje	0.65%	0.41%	0.50%	75.51%	5.58%	15.94%	1.42%

Fuente: SEMADET, 2013.

3.4 ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE EMISIONES POR CATEGORÍA

- **Fuentes fijas**



	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
Total de emisiones (Mg)	8,767.76	5,398.81	23,897.00	3,216.43	6,322.57	15,622.70	1,983.16

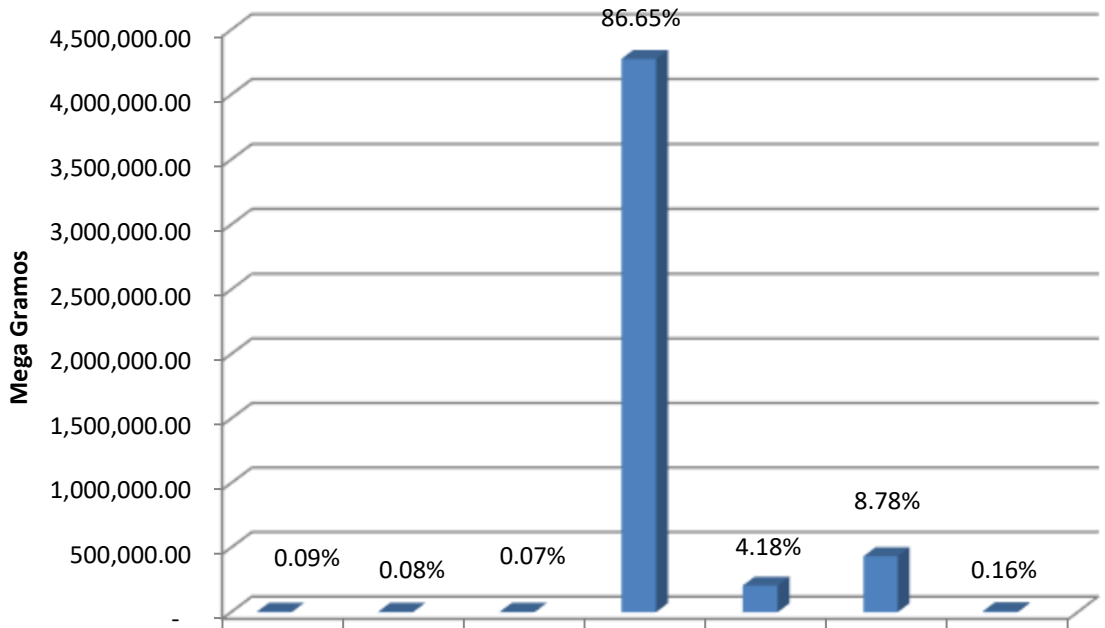
Gráfica 12.- Emisiones anuales de fuentes fijas para el Estado de Jalisco, 2008

Fuente: SEMADET, 2013.

Las emisiones anuales generadas por las fuentes fijas en el 2008 en el Estado de Jalisco son de 65,208.43 Mg, de las cuales 8,767.76 Mg de PM_{10}, 5,398.81 Mg de $PM_{2.5,}$ 23,897.00 Mg de SO_2, 3,216.43 Mg de CO, 6,322.57 Mg de NO_X, 15,622.70 Mg de COV y 1,983.16 Mg de NH_3.

Para el caso de las emisiones de PM_{10}, PM $_{2.5}$, NO_X, , SO_2, NH_3 y CO el principal emisor es la industria alimenticia, para las emisiones de COV el principal emisor es la industria química.

- **Fuentes móviles.**
  - Emisiones anuales de fuentes móviles para el Estado de Jalisco, 2008



	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
Total de Emisión	4,259.34	3,707.03	3,263.66	4,275,28	206,219.	433,092.	7,993.75
% de emision	0.09%	0.08%	0.07%	86.65%	4.18%	8.78%	0.16%

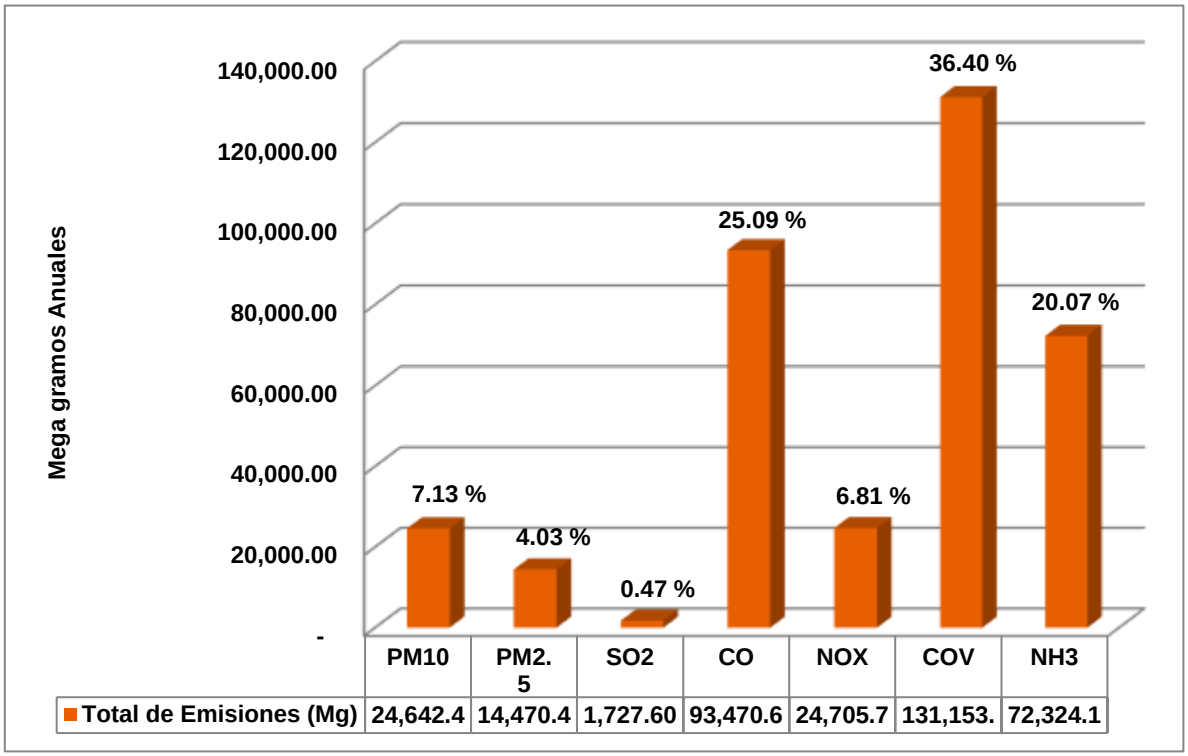
Gráfica 13.- Emisiones anuales de fuentes moviles para el Estado de Jalisco, 2008

Fuente: SEMADET, 2013.

Las emisiones anuales generadas por las fuentes móviles en el Estado de Jalisco en 2008, son de 4,259.34 Mg de PM_{10}, 3,707.03 Mg de $PM_{2.5}$, 3,263.66 Mg de SO_2, 4’275,280.43 Mg de CO, 206,219.57 Mg de NO_X, 433,092.40 Mg de COV y 7,993.75 Mg de NH_3.

Para el caso de las emisiones de PM_{10} y PM $_{2.5}$, el principal emisor dentro de la categoría de fuentes móviles es la Maquinaria Agrícola, la principal fuentes de emisión de SO_2 son de manera predominante los aeropuertos y su equipamiento, en el caso del CO y el COV son las camionetas Pick Up, las fuentes principales de NH_3 y NO_X son los vehículos particulares.

- **Fuentes de área.**



Gráfica 14.- Emisiones anuales de fuentes de área para el Estado de Jalisco, 2008

Fuente: SEMADET, 2013.

Las emisiones anuales generadas por las fuentes de área en el 2008 en el Estado de Jalisco en total son **362,494.31 Mega gramos anuales** los cuales la aportación particular de cada contaminante es: 24,642.44 Mg de PM_{10}, 14,470.49 Mg de $PM_{2.5}$, 1,727.60 Mg de SO_2, 93,470.67 Mg de CO, 24,705.79 Mg de NO_X, **131,153.17 Mg de COV** y 72,324.15 Mg de NH_3.

El principal contaminante emitido por las fuentes de área son los COV, pues se estimó que se emitieron más de 131 mil toneladas durante

Para el caso de las emisiones de PM_{10} se relaciona directamente con las actividades de labranza para el caso de las emisiones de $PM_{2.5}$, COV y de CO el principal emisor es la combustión domestica, la principal fuentes de emisión de SO_2 y de NO_X son las actividades de combustión principalmente la agrícola, las fuentes principales de NH_3 son las emisiones ganaderas de amoniaco.

- **Fuentes naturales.**

Como parte de las emisiones generadas por las fuentes naturales, se estimaron las emisiones de COV provenientes de la vegetación y de NO_X, provenientes de los procesos microbianos de nitrificación en el suelo; este tipo de emisiones naturales también son conocidas como emisiones biogénicas. Los COV biogénicos son sintetizados por las plantas como parte de sus procesos de reproducción, de defensa, etc., y en regiones en donde se combinan con emisiones de otras fuentes, pueden contribuir significativamente al problema de la formación de O_3 y partículas orgánicas secundarias.

En términos generales, estas emisiones tienen una baja tasa de contribución dentro de las áreas urbanas debido a que la cantidad de vegetación es considerablemente menor, comparada con áreas agrícolas o forestales, sin embargo, dada la elevada reactividad de estos compuestos en la atmósfera, es importante cuantificarlas, así como considerar las áreas con amplia cubierta vegetal localizadas viento arriba de la región en estudio.

Durante el año 2008, las emisiones de COV biogénicos en las zonas de estudio fueron aproximadamente de 342,959 Mg, en tanto que los NO_X se estimaron en 85,758 Mg. Es importante mencionar que para la estimación se consideró toda la superficie con cubierta vegetal, que incluye áreas verdes, parques y jardines, así como las regiones agrícolas y forestales localizadas dentro del Estado de Jalisco.

3.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Para elaborar y sustentar los programas de gestión de la calidad del aire, se requiere conocer la distribución de las emisiones en el AMG, ya que esto permite identificar los sectores con mayor aporte de emisiones, ubicar las áreas de mayor atención y evaluar sitios problemáticos, además de ayudar a diseñar las redes de monitoreo atmosférico y coadyuvar en la planeación del uso del suelo y/o reubicación de fuentes emisoras de contaminantes. La distribución espacial de las emisiones anuales, se realizó en una malla que abarca el AMG. Para el caso de las fuentes fijas, se localizaron 392 industrias activas durante el año 2008 en dicha área.

Las emisiones de las fuentes de área se distribuyeron con base en los AGEBS9 y las emisiones de las fuentes móviles se localizaron sobre las principales calles y avenidas dentro de la malla. Así mismo, las emisiones de las fuentes naturales se distribuyeron con respecto al uso de suelo y tipo de vegetación de cada celda. La distribución espacial de todas las fuentes contaminantes se realizó con cartografía digital10 en un sistema de información geográfica, lo cual nos permitió, para fines de visualización, realizar una interpolación con los valores de las emisiones por celda.

A continuación se presentan los mapas por contaminante, indicando las zonas de mayor emisión y las fuentes responsables.

- **Partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}).**

La distribución espacial de las emisiones de PM_{10}, nos muestra una alta concentración en las zonas periféricas, las emisiones son atribuidas a las vialidades sin pavimentar.

En algunas zonas, las emisiones son resultado de la combinación de las fuentes móviles y de la actividad industrial, como en el caso como del Municipio de Zapopan.

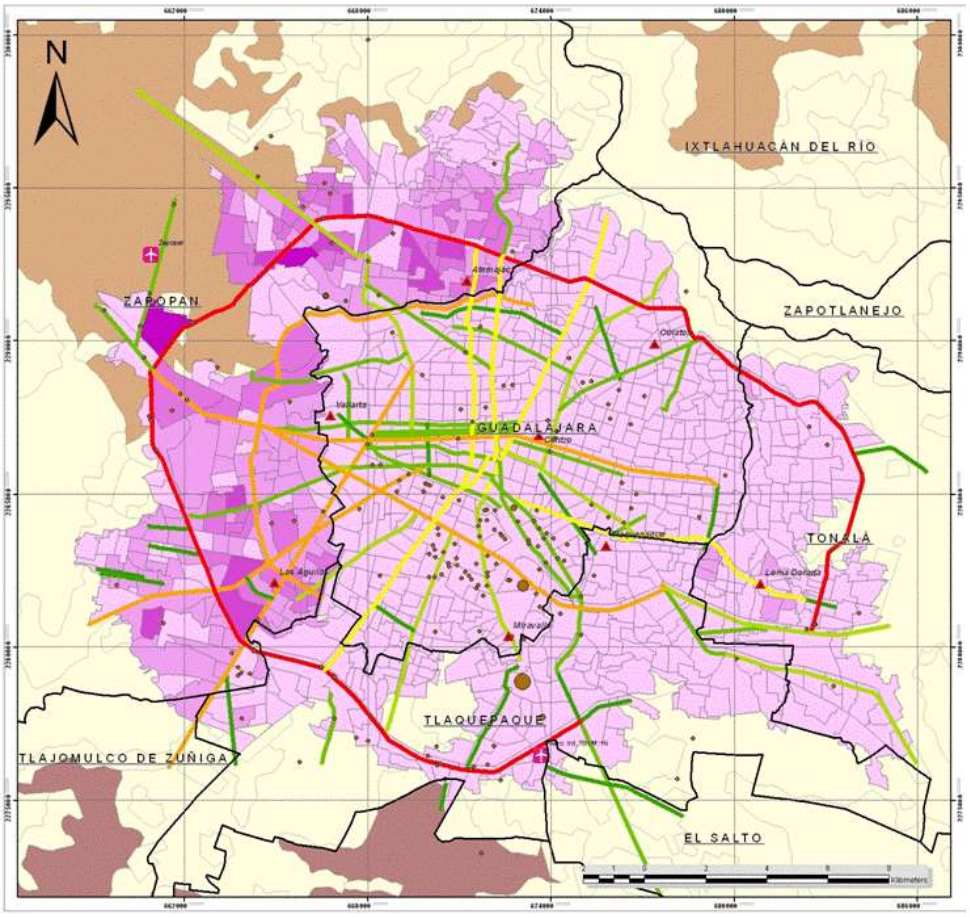


Figura 15. Distribución espacial de las PM_{10}.
Fuente: SEMADET, con datos historicos del SIMAJ, 2010.

- **Partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$).**

El patrón de distribución de las emisiones de $PM_{2.5}$ es similar al anterior, donde las emisiones en los municipios periféricos, son debidas a las vialidades sin pavimentar.

- **Dióxido de azufre (SO_2).**

En lo que se refiere a las emisiones de SO_2, se puede mencionar que las zonas industriales en los Municipios de El Salto y Zapopan, son las causantes del aporte de este contaminante, en particular la industria de sustancias químicas la industria del papel. En las áreas donde se presenta mayor afluencia vehicular, las emisiones siguen una distribución conforme a las vialidades principales, pues en dichas zonas, las emisiones son generadas en su mayoría por las fuentes móviles.

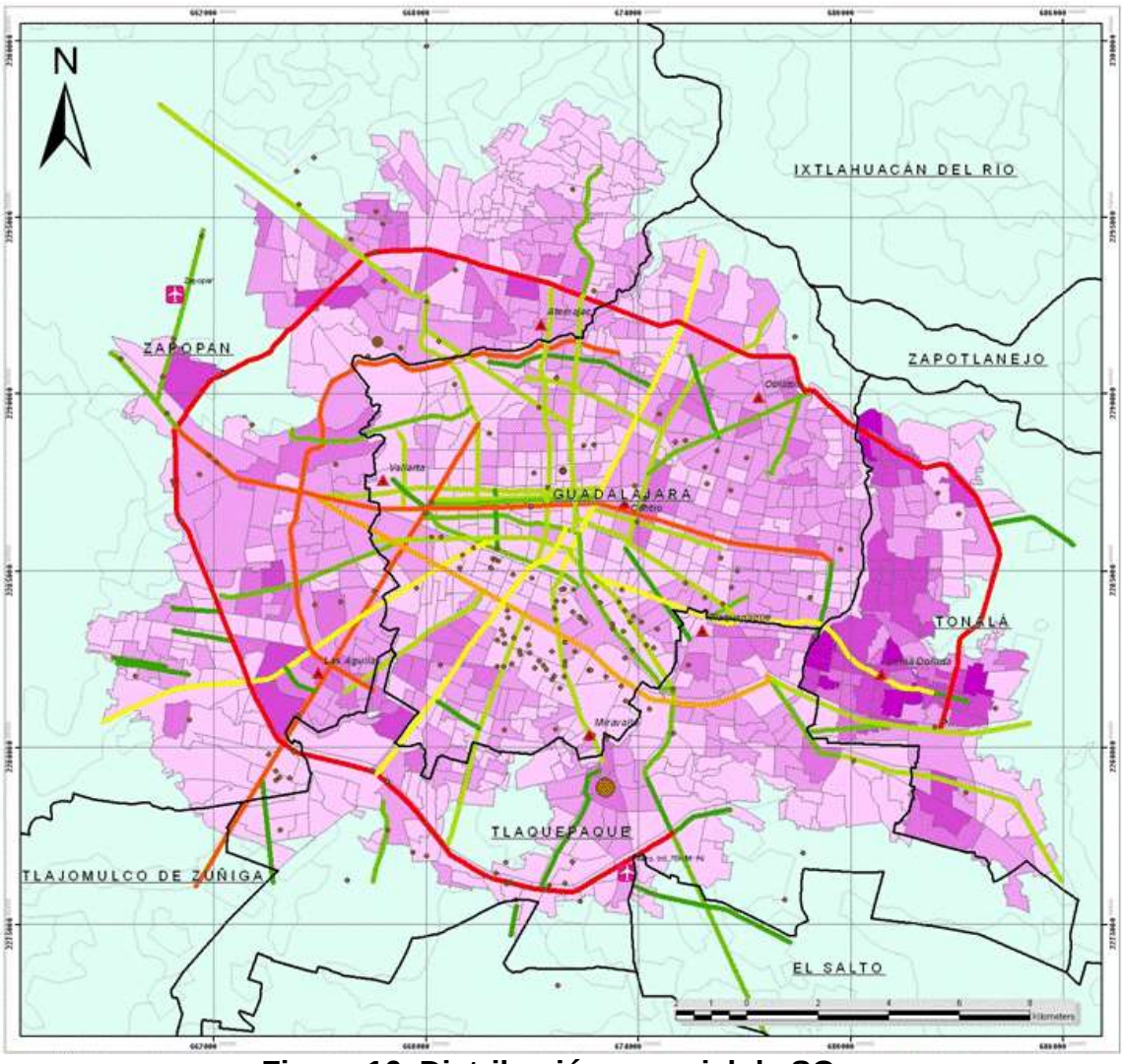


Figura 16. Distribución espacial de SO_2.
Fuente: SEMADET, con datos historicos del SIMAJ, 2010.

- **Monóxido de carbono (CO).**

Debido a que el CO es producto de la quema de combustible y que el 99% de las emisiones es generado por la combustión en fuentes móviles, su distribución está relacionada al trazo de las principales calles y avenidas de mayor tránsito. Así, tenemos que las mayores emisiones se localizan en la región central del AMG, disminuyendo la emisión conforme se avanza hacia los extremos.

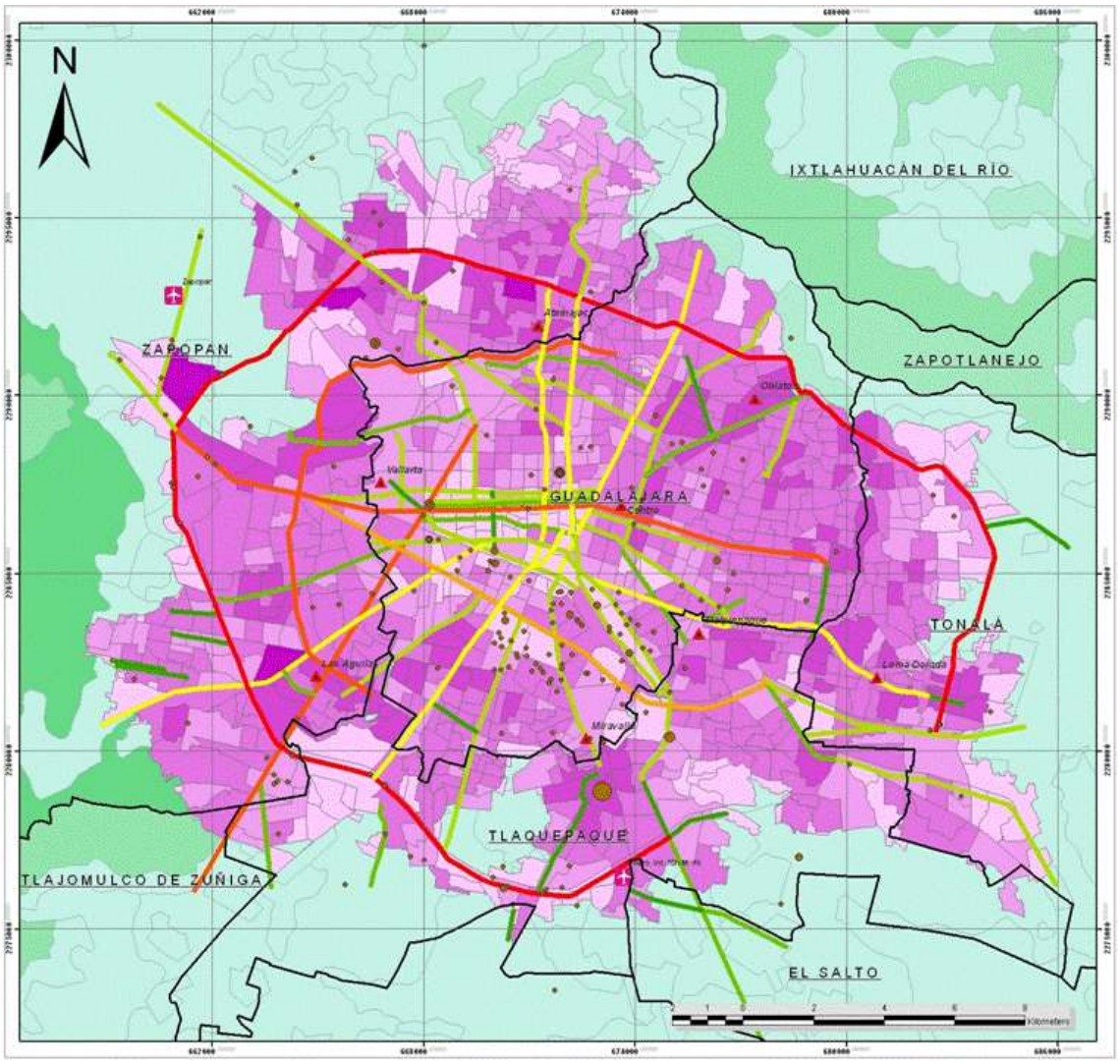


Figura 17. Distribución espacial de CO.
Fuente: SEMADET, con datos historicos del SIMAJ, 2010.

- **Óxidos de nitrógeno (NO_X).**

Los NO_X al igual que el CO, es generado principalmente por la combustión en fuentes móviles (80% del total); por lo tanto, su distribución varía con la actividad del parque vehicular, concentrándose en la región urbana y siguiendo un patrón de distribución conforme a la red vial.

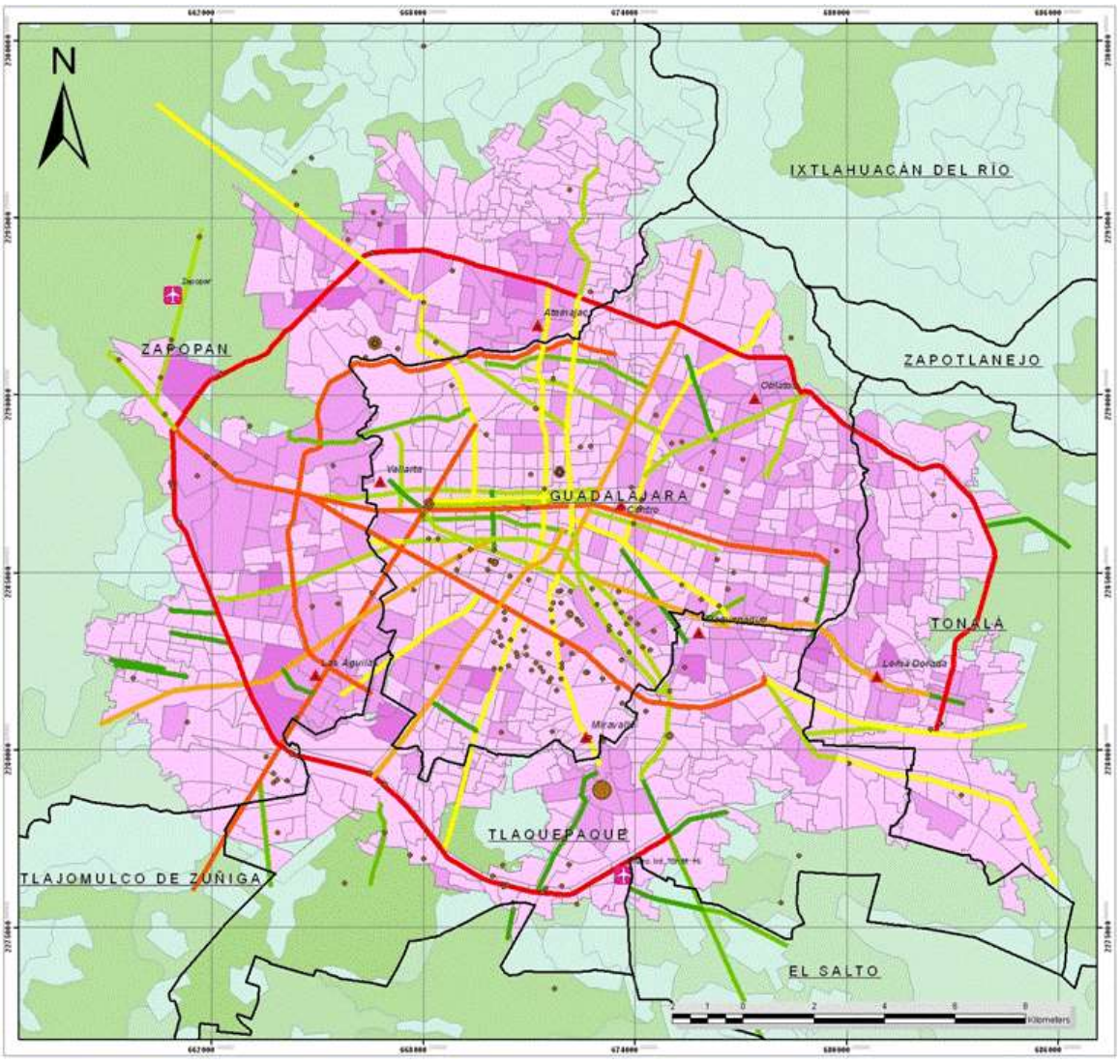


Figura 18. Distribución espacial de NO_X.
Fuente: SEMADET, con datos historicos del SIMAJ, 2010.

- **Compuestos orgánicos volátiles (COV).**

Los COV participan junto con los NO_X en la formación de O_3 troposférico, en esto radica la importancia de conocer su emisión y distribución; su generación se atribuye principalmente a las emisiones vehiculares y a las actividades donde se utilizan solventes, así como a las fugas domésticas de gas L.P.

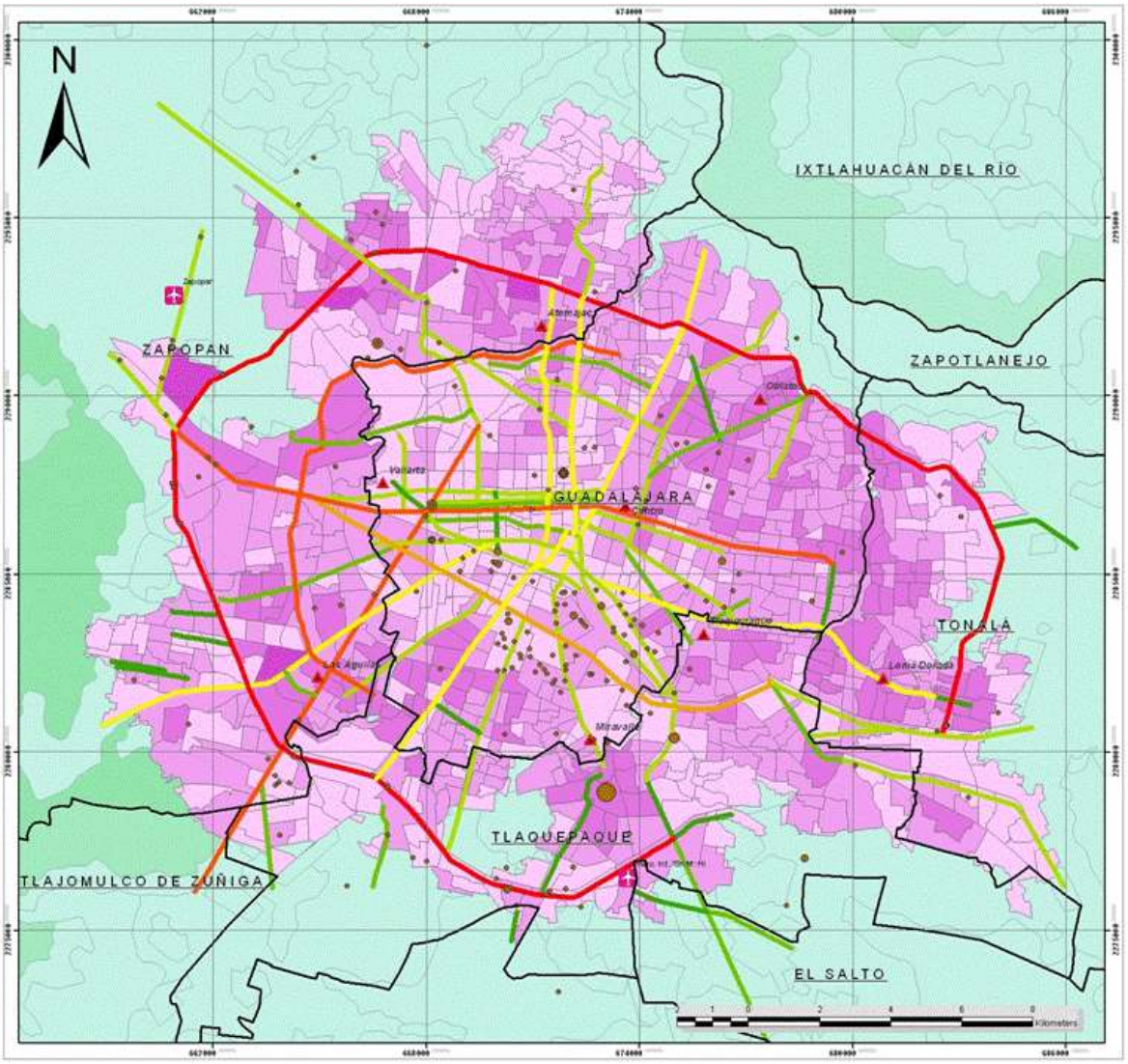


Figura 19. Distribución espacial de COV
Fuente: SEMADET, con datos historicos del SIMAJ, 2010.

3.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

El monitoreo atmosférico proporciona información acerca del estado que guarda el recurso aire y representa una herramienta indispensable para las autoridades que administran la gestión de la calidad del aire.

En el año de 1993 se puso en marcha la actual Red Automática de Monitoreo de la Área Metropolitana de Guadalajara (RAMAG), y es a partir de noviembre de 1995 que se cuenta con información sin interrupción y totalmente válida para analizar la calidad del aire en el AMG (INECC, 2014).

A partir del año 2012 ante la visión de la renovación de su infraestructura, cambia su denominación por la de Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ), el cual es operado por SEMADET, a través de la Coordinación del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Dirección de Gestión de Calidad del Aire. Desde un punto de vista global ésta se enfoca a cumplir con los siguientes objetivos:

- *Informar a la ciudadanía en general sobre el Índice de Contaminación Atmosférica que prevalece en el AMG.*
- *Notificar y requerir a las autoridades y población en general la aplicación de los Planes de Contingencia Atmosférica, cuando el caso lo amerite.*
- *Analizar el cumplimiento a la normatividad vigente en materia de salud respecto a los niveles máximos permisibles de concentración de contaminantes.*
- *Colaborar con el sector académico, de salud, ambiental y otros al compartir información generada a través de los instrumentos de monitoreo ambiental.*
- *Determinar estudios del comportamiento de los contaminantes y su relación o posible impacto en la salud de la población.*

El SIMAJ está constituido por diez estaciones de monitoreo y una unidad móvil, cuatro de ellas se encuentran en Guadalajara, una en Tlaquepaque, una en Tonalá y El Salto, dos en Zapopan, y una más de reciente incorporación en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, mismas que se muestran en la Figura 20. Las estaciones de monitoreo de la calidad del aire son casetas cerradas que contienen equipos para la medición de O_3, CO, NO_2, NO_X y SO_2, PM_{10} y en algunos casos $PM_{2.5}$, sensores meteorológicos y un sistema para la adquisición y manejo de datos. Funcionan de manera continua y automática, su operación se supervisa desde un centro de cómputo.

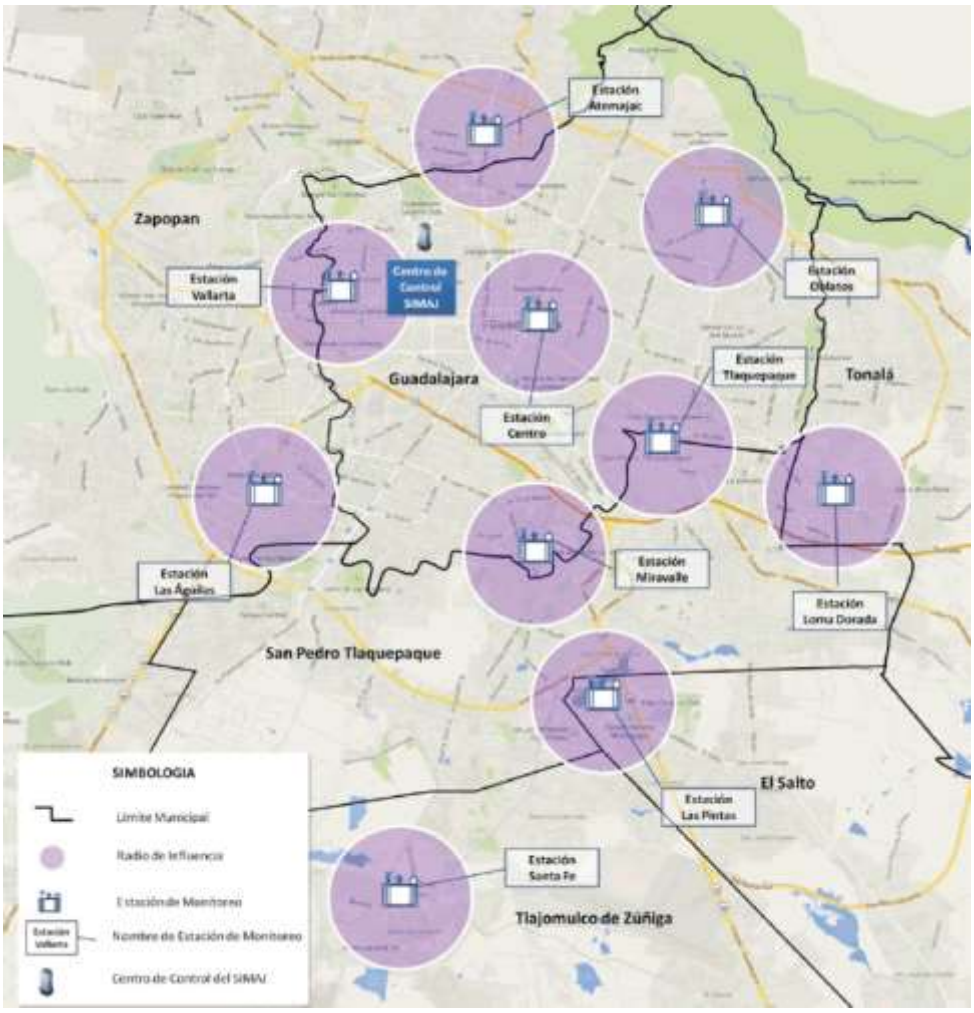


Figura 20. Distribución del sistema de monitoreo atmosférico en el AMG.
Fuente: SEMADET, 2013.

El radio de alcance de las estaciones de monitoreo depende del tipo de contaminante, y se ve afectado por el comportamiento de los campos de vientos: Las sensores de partículas tienen un alcance de un radio de 2 km, y los sensores de gases (O_3, CO, NO_2, NO_X y SO_2) en promedio es de hasta de 5 km. Adicionalmente, esta red cuenta con seis pantallas para el despliegue de la información a la población, un sistema de monitoreo meteorológico que mide la dirección y velocidad del viento, así como la temperatura y humedad relativa, y un centro de control, donde se recibe y se concentra la información y desde donde se publica en tiempo real el estado de la calidad del aire y se generan informes para la población, medios de comunicación e instituciones gubernamentales.
La unidad móvil de monitoreo atmosférico (UMMA) es una cabina cerrada, acondicionada y climatizada, que cuenta con analizadores para la medición de cinco diferentes contaminantes, sensores meteorológicos y sistemas para la adquisición

y manejo de datos y se utiliza principalmente para realizar estudios específicos en lugares remotos o donde no se cuenta con infraestructura y exista la necesidad de conocer la calidad del aire.



Figura 21.Pantalla informativa las Águilas (izquierda) y unidad móvil de monitoreo atmosférico (derecha).
Fuente: SEMADET, 2013.

En la Tabla 16 se muestra el calendario de trabajo de la unidad móvil de monitoreo 2009-2012. Como complemento en la Tabla 17 se enlistan los contaminantes que son monitoreados en cada una de las nueve estaciones.

Municipio	Fecha
Tlajomulco de Zúñiga	Junio -Agosto/2009.
Ciudad Guzmán	Agosto - Septiembre/2009.
Puente Atirantado	Fase I: Septiembre /2009.
	Fase II: Noviembre /2009.
Ameca y Tala	Octubre y Diciembre del 2009
Ocotlán	Junio del 2010
Tonalá	Febrero - Abril/20011
Ixtlahuacan de los Membrillos	4 – 10 Octubre de 2011
Campaña de Juegos Panamericanos	Octubre de 2011
Escuela Primaria Mártires del Rio Blanco, en El Salto, Jalisco	Junio de 2012
El Grullo	Mayo y Junio 2013
Zapotiltic	Mayo 2014 (en proceso de elaboración)

Tabla 16. Calendario de Trabajo de la UMMA 2009-2012.
Fuente: SEMADET, 2013.

Tabla 17. Equipamiento del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ).

			Analizadores de gases contaminantes criterio y monitores de partículas					
			Partículas	Partículas	Ozono	Dióxido de nitrógeno	Dióxido de azufre	Monóxido de Carbono
Municipio	Estación	Clave	PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	NO_2	SO_2	CO
			µg/m^3		ppm			
Guadalajara	Vallarta	VAL	**Si**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**
	Centro	CEN	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
	Miravalle	MIR	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
	Oblatos	OBL	**Si**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
San Pedro Tlaquepaque	Tlaquepaque	TLA	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
Tonalá	Loma Dorada	LDO	**Si**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
Zapopan	Atemajac	ATM	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
	Águilas	AGU	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**SI**	**Si**
El Salto	Las Pintas	PIN	**Si**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
Tlajomulco de Zúñiga	Santa Fe	SFE	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**
Unidad Móvil	UMMA	UMMA	**Si**	**No**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**

			Sensores Meteorológicos							
			Velocidad de viento	Dirección de viento	Humedad Relativa	Temperatura	Presión Atmosférica	Precipitación	Radiación Solar Total	Índice U.V.
Municipio	Estación	Clave	WSP	WDR	RH	TMP	PA	Prec.	Rad.	U.V.
			m/s	Grados	%	°C	kPa	mm.	W/m²	Valor
Guadalajara	Vallarta	VAL	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**No**	**Si**	**Si**
	Centro	CEN	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**Si**	**No**	**No**
	Miravalle	MIR	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**No**	**No**	**No**
	Oblatos	OBL	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**Si**	**No**	**No**
San Pedro Tlaquepaque	Tlaquepaque	TLA	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**No**	**No**	**No**
Tonalá	Loma Dorada	LDO	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**Si**	**No**	**No**
Zapopan	Atemajac	ATM	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**No**	**No**	**No**
	Águilas	AGU	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**	**Si**	**No**	**No**
El Salto	Las Pintas	PIN	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**
Tlajomulco de Zúñiga	Santa Fe	SFE	**Si**	**Si**	**No**	**No**	**No**	**Si**	**No**	**No**
Unidad Móvil	UMMA	UMMA	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**Si**	**No**

Tabla 18. Equipamiento del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ).

Fuente: SEMADET, 2014.

Después de 15 años los equipos del SIMAJ han sido operados con efectividad, sin embargo en el año de 2012 se hizo una renovación de gran parte de los analizadores de contaminantes. Por otro lado, también se debe ampliar la cobertura de el SIMAJ a lugares donde sea necesario, mediante la instalación de nuevas estaciones de monitoreo y la adquisición de unidades de medición móviles[22].

[22]Auditoría realizada a la RAMAG por el INE, 2009.

3.7 INDICADORES Y TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE

De acuerdo con el análisis de la información reportada por el SIMAJ sobre el período 2000-2013, los principales problemas de la calidad del aire en el AMG se relacionan con altas concentraciones de O_3 y PM_{10}. La Figura 22 muestra las estaciones que presentaron algún problema de calidad del aire durante 2009, indicando los contaminantes que originaron esta situación.

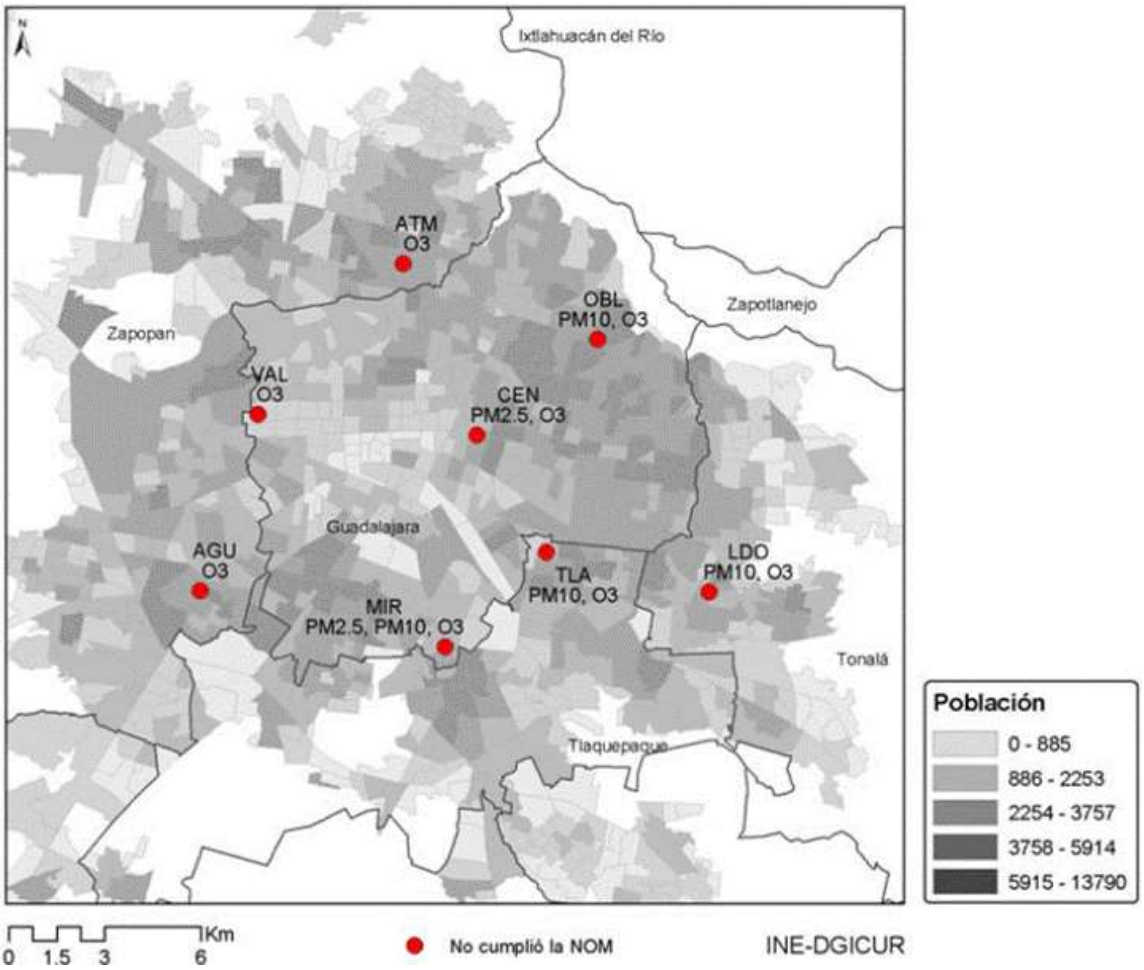


Figura 22.Principales problemas de calidad del aire.
Fuente: INECC, 2013.

Como complemento, la Tabla 19 contiene, para cada uno de los contaminantes normados, el diagnóstico de la calidad del aire elaborado con la información disponible del año 2009, e incluye las estaciones de monitoreo en las que no se cumplió con la norma y un indicador agregado para toda la zona metropolitana, así como el número de días en los que se rebasó el valor de la norma.

El O_3 es el contaminante con más número de días en los que se rebasó el valor de la norma en todas las estaciones del AMG.

Contaminante	Norma	Número de días que se rebasó el valor de la norma
O_3	1 hora	138
PM_{10}	24 horas	185
$PM_{2.5}$[b]	24 horas	0
CO	8 horas	0
NO_2	1 hora [c]	2
SO_2	24 horas	0

Tabla 19. Diagnóstico de la calidad del aire del AMG; evaluación del cumplimiento de las normas y número de días en los que se rebasan los valores normados, 2011.
Fuente: SEMADET, con datos del SIMAJ, 2009.

a) El no cumplimiento de la norma anual de O_3 en algunas estaciones se debe a que no hay datos suficientes de acuerdo con los criterios establecidos en la misma.
b) Las $PM_{2.5}$ se empezaron a medir de manera automática en la estación CEN a partir de junio de 2007 y en la estación MIR a partir de mayo de 2008. En 2009 ya se cuenta con datos suficientes para la evaluación del cumplimiento de los valores normados en las dos estaciones.
c) No se midió NO_2 en TLA ni en ATM.

A continuación se presentan los indicadores de calidad del aire estimados por cada contaminante en el período 2000-2009. Para el cálculo de los indicadores de la mayoría de los contaminantes (PM_{10}, O_3, CO, SO_2 y NO_2) se utilizó la información que proviene de las ocho estaciones: Atemajac (ATM), Oblatos (OBL), Loma Dorada (LDO), Tlaquepaque (TLA), Centro (CEN), Miravalle (MIR), Águilas (AGU) y Vallarta (VAL); en tanto que para las $PM_{2.5}$ se utilizó sólo la información de las estaciones de Centro (CEN) y Miravalle (MIR). Se incluyen tres indicadores, a saber[23]:

1. **Indicadores relacionados con el cumplimiento de las normas correspondientes a cada contaminante**: Se muestran gráficos del

[23] La estación del Salto no se utilizó en este análisis debido a que esta fue puesta en operación el 2010.

cumplimiento a través del tiempo y con respecto a los niveles especificados en las normas respectivas para cada año, por estación de monitoreo y de manera agregada para la zona metropolitana.

2. **Distribución de los días con calidad del aire, buena, regular y mala**: Se presenta esta información para todos los años del período analizado por cada estación de monitoreo. Cada barra representa un año y los colores indican la proporción de las concentraciones diarias de cada año que cumplen alguna de las siguientes condiciones:

- *No excedieron el valor diario normado (verde),*
- *No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo),*
- *Excedieron el valor diario normado (rojo) o no se contó con información suficiente para determinar si se excedió o no el valor normado (blanco).*

3. **Mapa con la representación espacial de las concentraciones promedio en el período 2000-2009**: Como resultado de la interpolación espacial de los datos registrados puntualmente en las estaciones de monitoreo. El mapa muestra una superficie continua de concentraciones representadas mediante tonalidades de color. Los colores de mayor intensidad representan las concentraciones más altas y los de menor intensidad, las más bajas. En cada caso se indica qué dato se utiliza como base para el cálculo. No se presenta el mapa correspondiente a $PM_{2.5}$ porque se requieren de al menos tres estaciones para la interpolación y este contaminante sólo se registra en dos estaciones de monitoreo.

3.7.1 Partículas Suspendidas

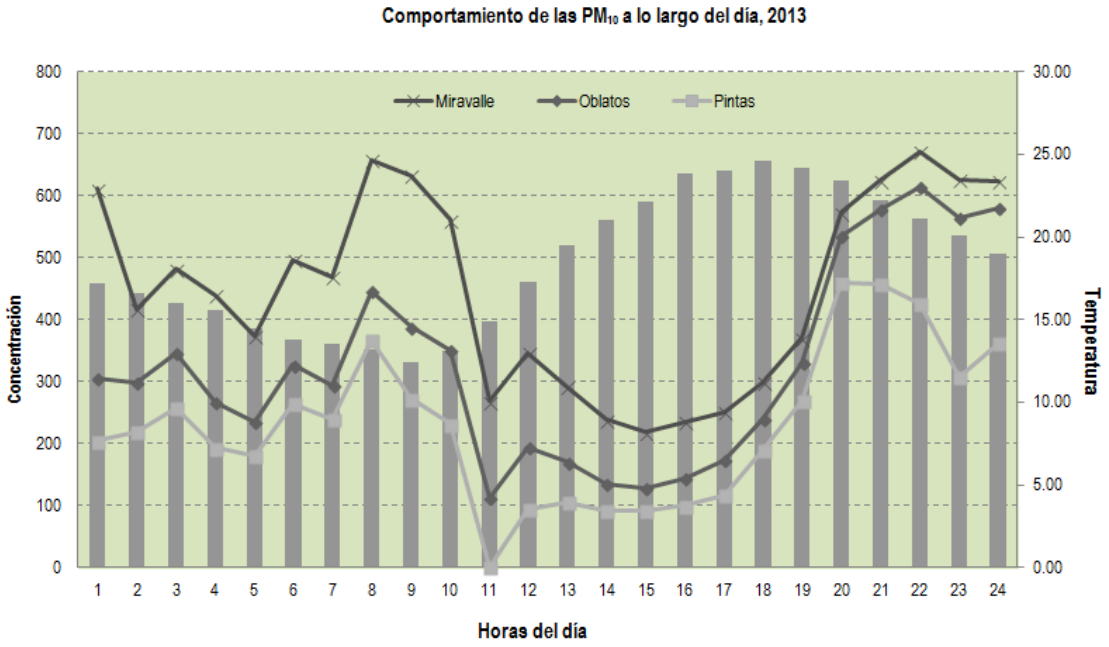
Las partículas suspendidas están formadas por una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos suspendidos en el aire, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición química. El tamaño de las partículas varía desde 0.005 hasta 100 micrómetros de diámetro aerodinámico, esto es, desde unas cuantas moléculas hasta aproximadamente el grosor de un cabello humano.

Las partículas suspendidas pueden tener un origen natural, a través la polinización de las plantas, las erupciones volcánicas, la erosión del suelo y los incendios forestales, o pueden ser de origen antropogénico por la quema de combustibles.
Las partículas se emiten directamente de la fuente, llamadas partículas primarias, o pueden formarse en la atmósfera a partir de reacciones con otros compuestos presentes en ella (NO_X, SO_X, NH_3 y COV), siendo consideradas como partículas secundarias. El estudio y regulación ambiental de las partículas empezó

centrándose en las partículas suspendidas menores de 100 micrómetros de diámetro.

Posteriormente, la atención se centró en las partículas con diámetros aerodinámicos menores de 10 micrómetros (PM_{10}), y actualmente, en las partículas finas y ultrafinas, menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) y a un micrómetro (PM_1), las cuales pueden penetrar en pulmones, alcanzar el torrente sanguíneo y acumularse o liberar sus componentes en órganos del cuerpo humano.

La Gráfica 15 muestra el comportamiento horario de las PM_{10} en el AMG, en ella se aprecia que el comportamiento del contaminante es bimodal, es decir, las concentraciones más elevadas se presentan entre las 7:00 y 11:00 horas y entre las 18:00 y 24:00 horas, coincidiendo con las horas pico de actividad vehicular.

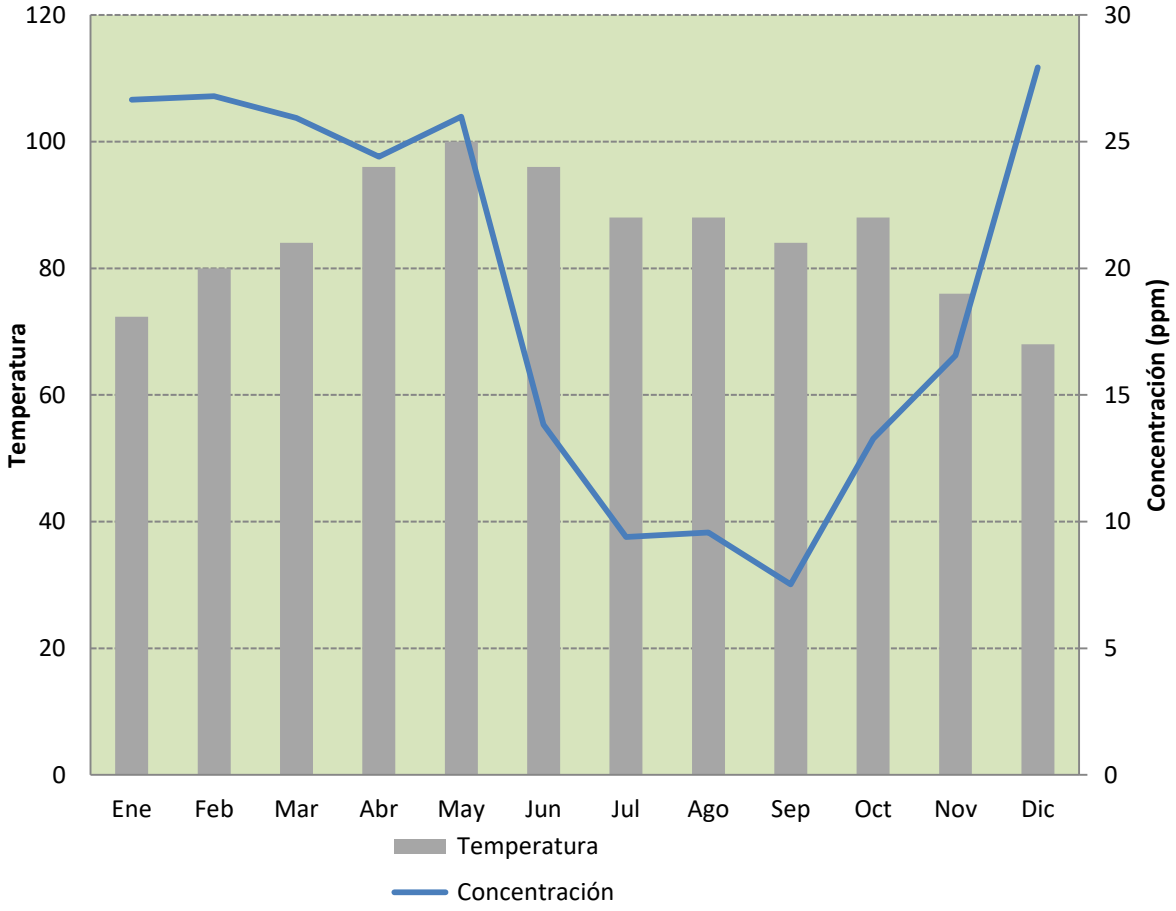


Gráfica 15. Comportamiento de las PM_{10} a lo largo del día.

Fuente: SIMAJ, 2014

La Gráfica 16 muestra el comportamiento mensual de las PM_{10} en AMG. En dicha gráfica se observa que las concentraciones más bajas se presentan en los meses de junio a septiembre, y los niveles más elevados se presentan en los meses fríos, es decir noviembre, diciembre y enero.

Este comportamiento puede deberse a que en los meses fríos se tiene una menor capacidad de dispersión del contaminante en la atmósfera y se facilita su acumulación. En contraparte, en los meses con época de lluvias, las partículas son eliminadas por retención y arrastre en las gotas de lluvia, fenómenos que tienen un efecto de limpieza de este contaminante de la atmósfera.

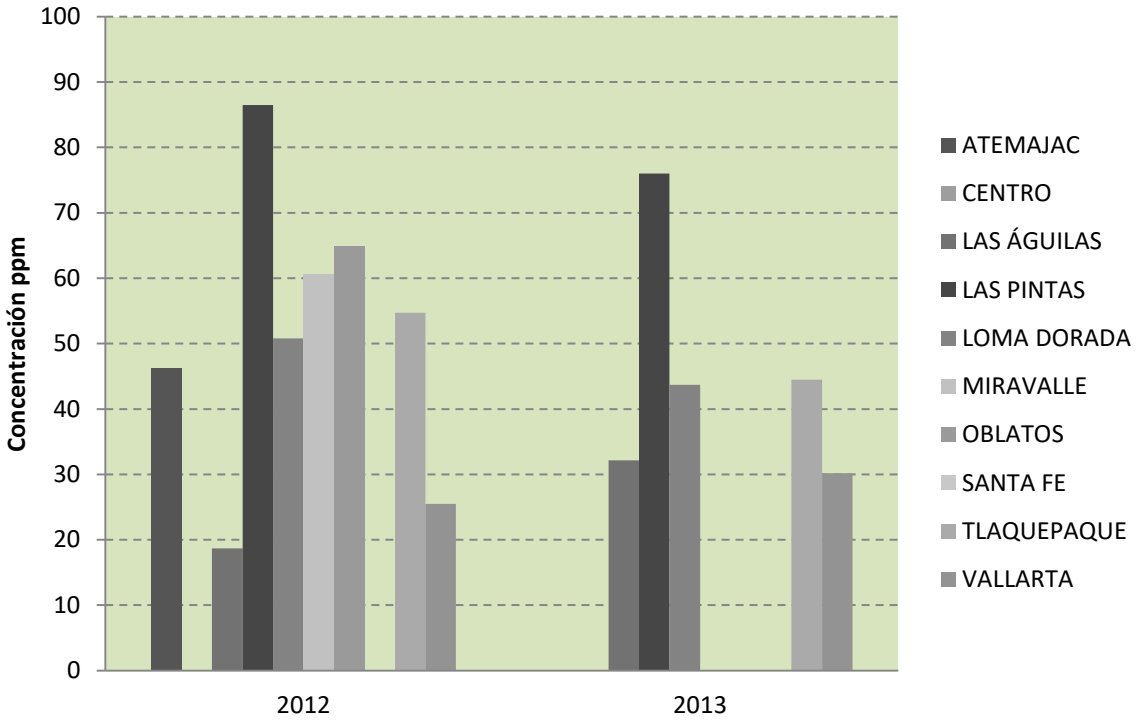


Gráfica 16. Comportamiento de las PM_{10} en la Estación de Las Pintas durante el año de 2013.

Fuente: SIMAJ, 2013.

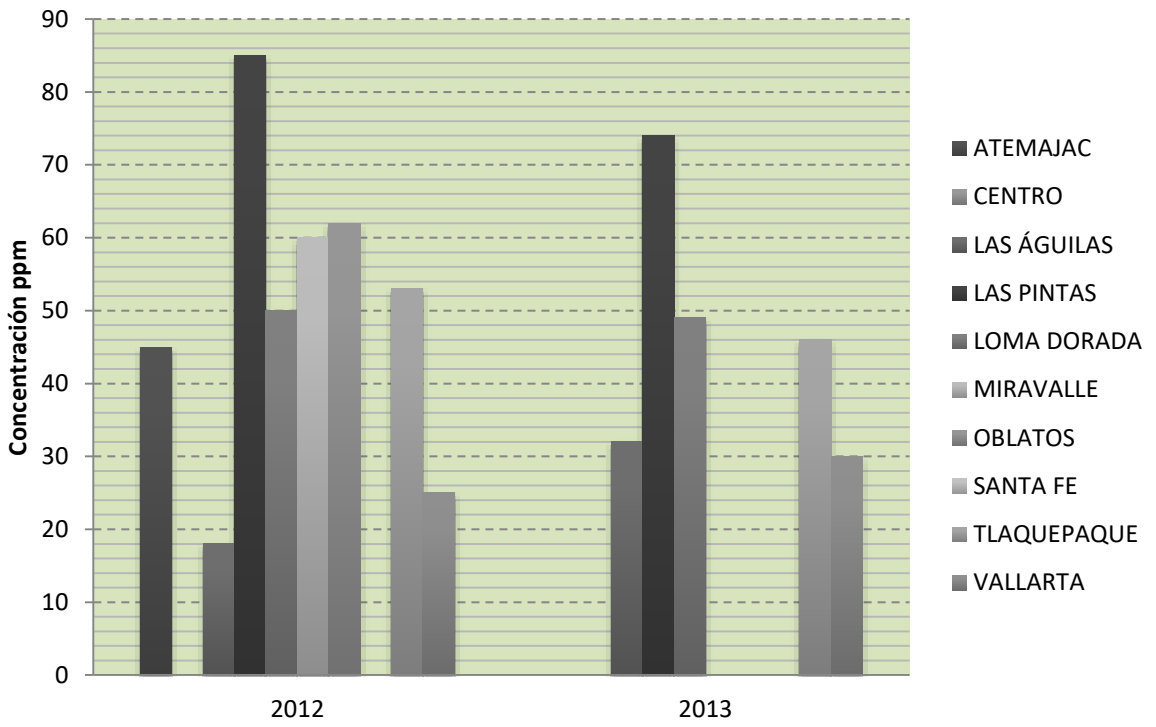
Indicador de PM_{10} en el AMG (Periodo 2012-2013).

Norma anual (promedio anual)
Promedio Anual de las PM10, en las estaciones de monitoreo atmosférico en Jalisco 2012-2013.



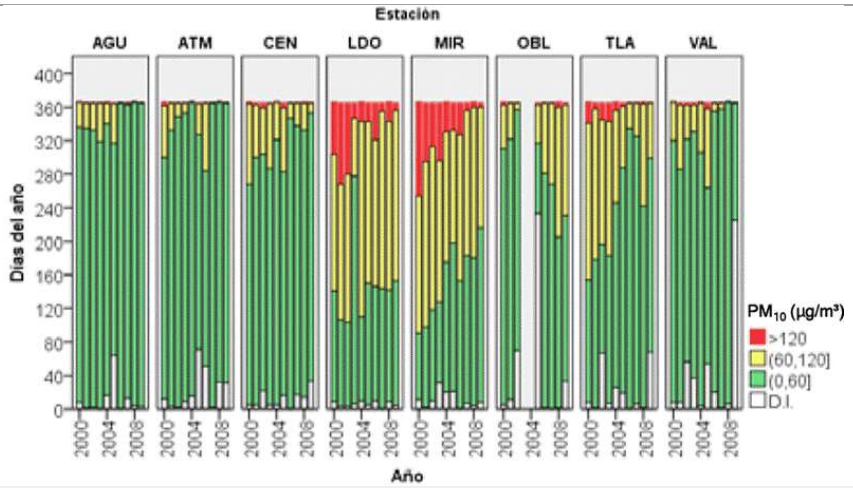
Se observa una tendencia ligeramente decreciente en el indicador agregado y en la mayoría de las estaciones. Si bien se cumple la norma a nivel todavía presenta incumplimiento y los indicadores de las estaciones Miravalle (MIR), Oblatos (OBL) y Tlaquepaque (TLA) de los últimos dos años se encuentran muy cercanos al valor de la norma y no es claro si la tendencia en estos casos es creciente o decreciente.

Norma de 24 horas (percentil 98 de los promedios de 24 horas). Promedio de 24 horas de las PM_{10}, en las estaciones de monitoreo atmosférico en Jalisco 2012-2013



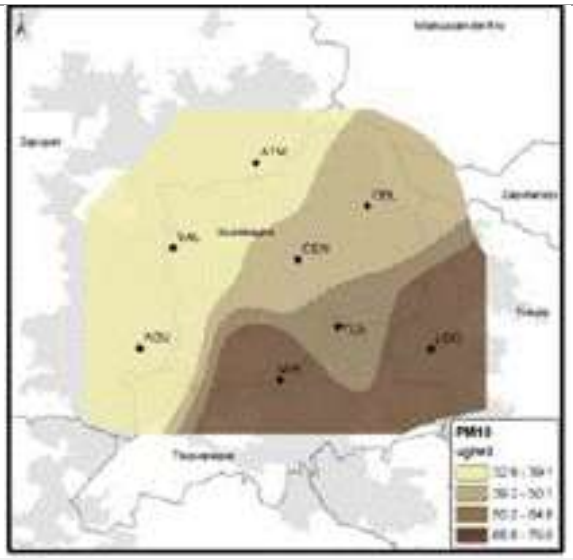
En el indicador agregado se observa una tendencia ligeramente decreciente. El comportamiento a través del tiempo de cada una de las estaciones de monitoreo no es claro, pues en algunos casos las concentraciones promedio anuales son muy similares en los últimos años y, en otros, aumentan.

Distribución de los días con calidad del aire, buena, regular y mala (Promedios de 24 horas).



Las estaciones Loma Dorada (LDO) y Miravalle (MIR) presentan más días en rojo que el resto de las estaciones, pero se observa que han disminuido en los últimos años. Pese a lo anterior, no se ha reducido el número de días en amarillo en estas estaciones, lo que puede explicar por qué los indicadores de cumplimiento de las normas para este contaminante no muestran una tendencia clara hacia la baja.

Representación espacial de las concentraciones (promedio de los promedios diarios de 24 horas).

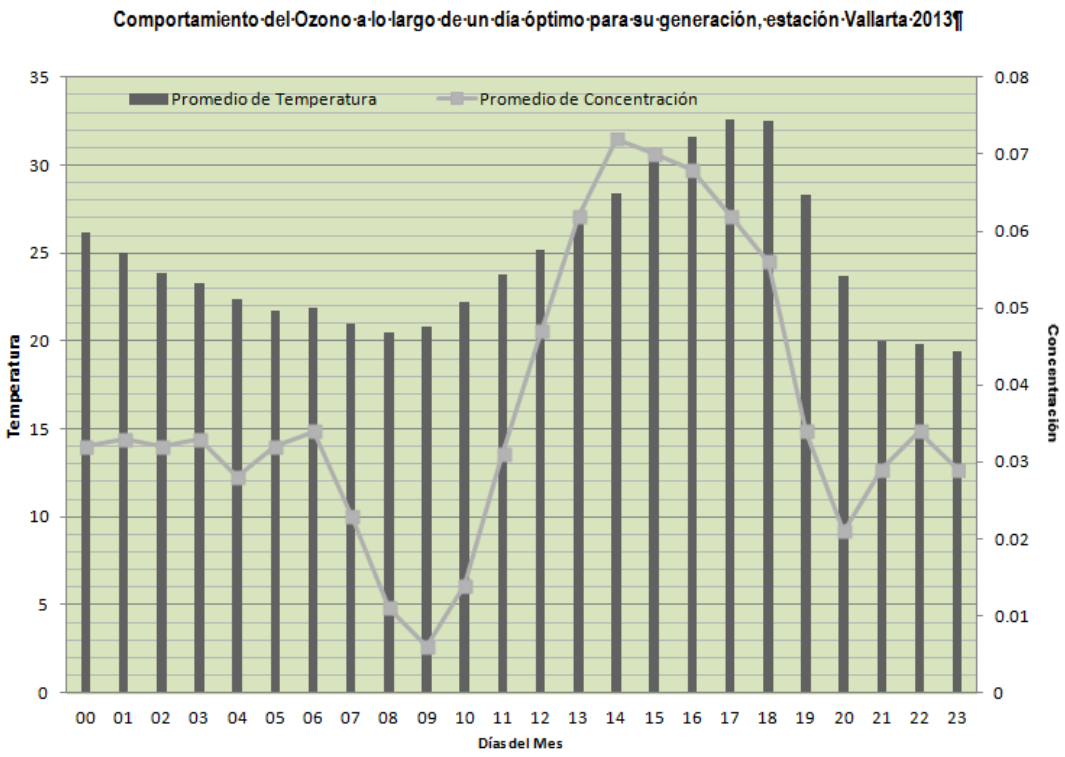


Las concentraciones más elevadas de PM_{10} suelen registrarse al sur y sureste del área metropolitana, en las inmediaciones de las estaciones Miravalle (MIR) y Loma Dorada (LDO).Se observa una marcada atenuación hacia el norte y oeste. Las concentraciones más bajas se registran en las inmediaciones de las estaciones Atemajac (ATM), Vallarta (VAL) y Águilas (AGU).

3.7.2 Ozono (O_3)

El O_3 se encuentra de manera natural en la estratosfera, entre los 20 y los 50 km de altura. Es un gas que se forma en la atmósfera cuando se combinan tres átomos de oxígeno, se caracteriza por ser incoloro, de olor particular, oxidante, además de reactivo e irritante.

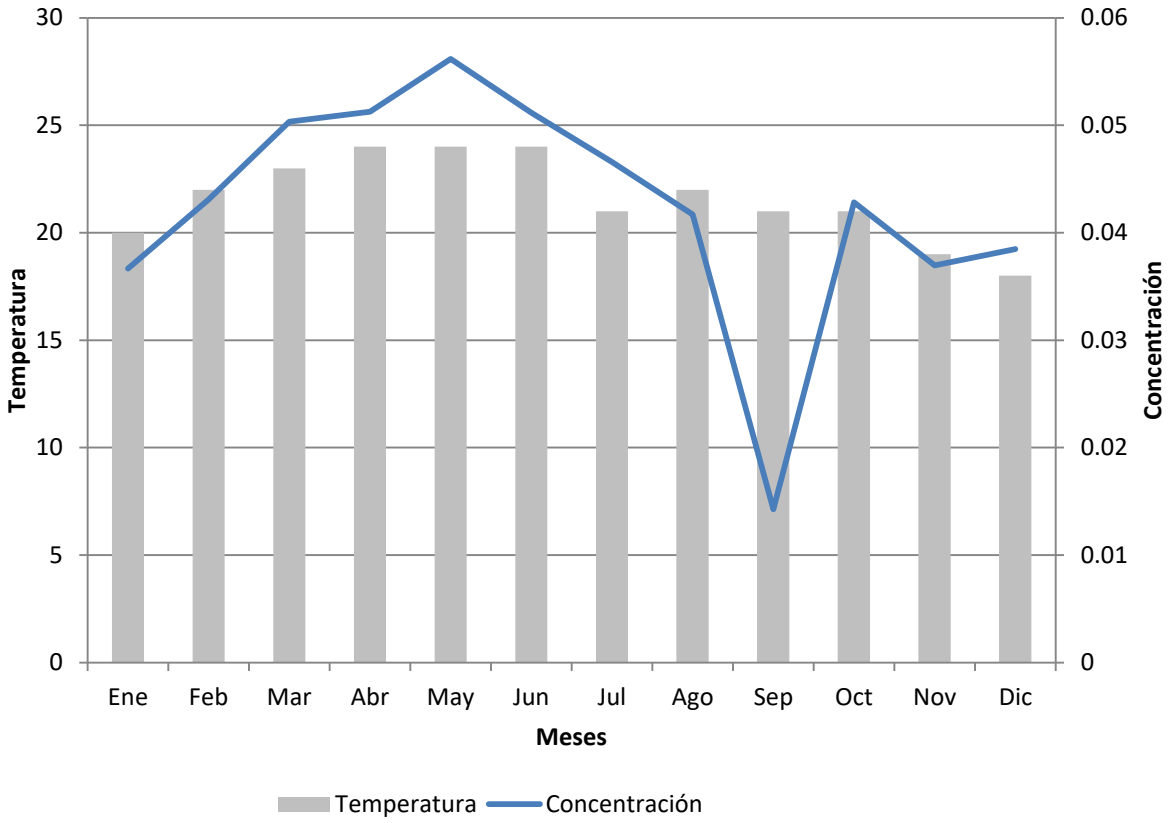
El O_3 es un contaminante secundario que se forma mediante la reacción química de NO_X y COV en presencia de la luz solar. Por ello, las concentraciones más significativas de este contaminante suelen ocurrir en períodos en los cuales la radiación solar es más intensa. En la Gráfica 17 se observa que las concentraciones se incrementan gradualmente a partir de las 11:00 horas, con un pico que se mantiene hasta alrededor de las 14:00 horas, siendo este periodo el de mayor intensidad solar durante el día.



Gráfica 17. Comportamiento del Ozono a lo largo de un día óptimo para su generación, estación Vallarta 2013.

Fuente: SIMAJ, 2014.

En relación con el comportamiento de O_3 durante el año, la época de máxima concentración coincide con la primavera y el principio del verano, ya que en éstos meses se presentan condiciones meteorológicas locales que suelen favorecer la formación y acumulación de este contaminante (vientos moderados además de alta radiación solar y temperatura), ver Gráfica 18.



Gráfica 18. Comportamiento del O_3 en la Estación de Vallarta durante el año de 2013.

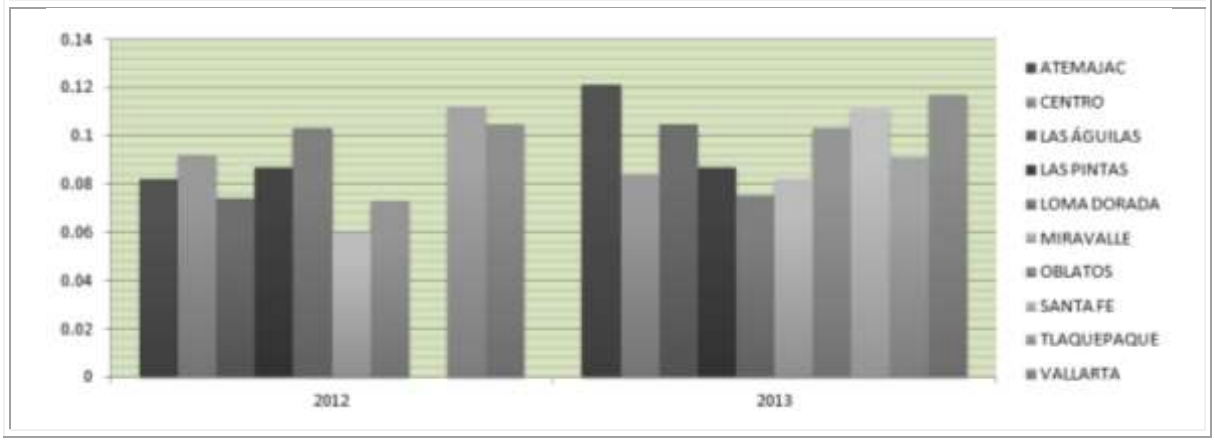
Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en las concentraciones de O_3 durante el 2013.

La clasificación de las ciudades en términos de su grado de contaminación por O_3 durante el año 2009, se estableció utilizando el número de días por arriba del valor de la norma horaria, el máximo horario anual, el quinto máximo anual de los promedios móviles de 8 horas y el percentil 90 y 50 (mediana) de las concentraciones diarias.

Indicador de O_3 en el AMG.

Norma anual (quinto máximo de las concentraciones diarias de los promedios móviles de 8 horas).

Promedio anual, quinto máximo (8 horas) de ozono, en las estaciones de monitoreo Atmosférico en Jalisco 2012-2013

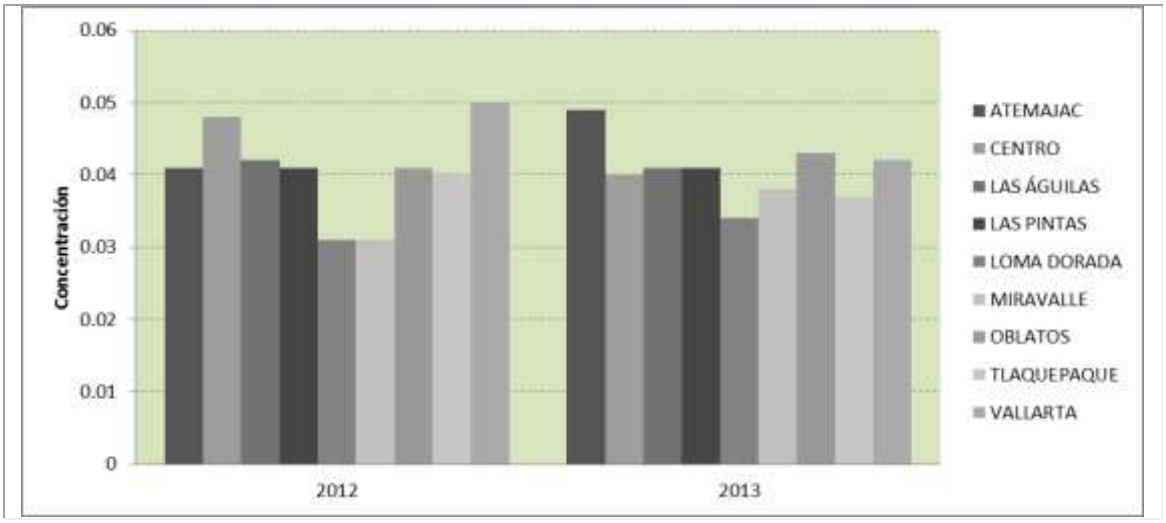


Se observa un aumento en el indicador agregado para el AMG y en la mayoría de las estaciones

En este caso destaca la falta de información por lo que no se contó con suficientes datos para calcular el indicador anual para varias estaciones y, por ende, tampoco pudo calcularse el indicador agregado para el AMG en 2008, por lo tanto ni en las estaciones ni en el AMG en su conjunto se cumplió con la norma.

Norma horaria 24 hrs (máximo horario).

Promedio del máximo horario (24 horas) para ozono, en las estaciones de monitoreo atmosférico en Jalisco 2012-2013

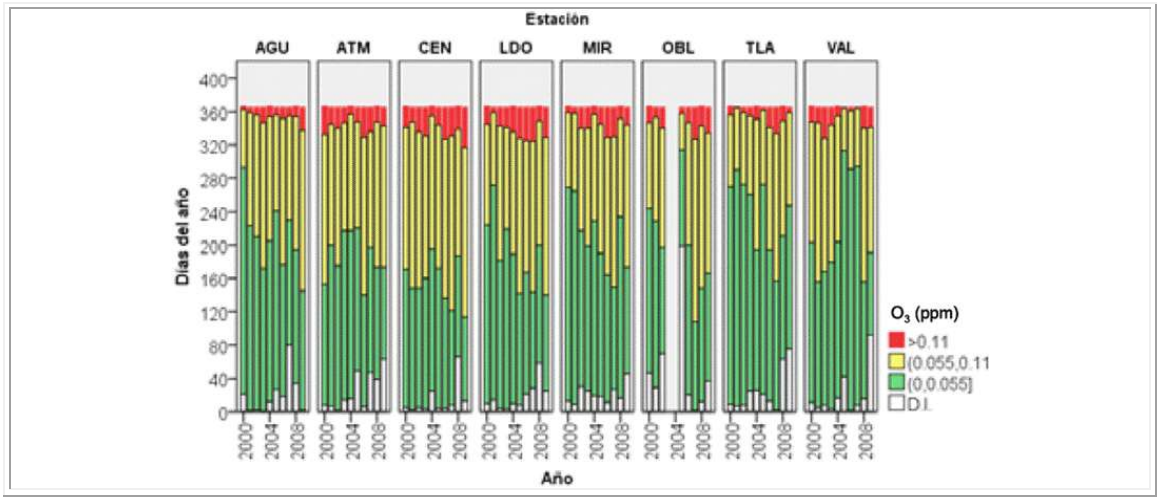


Se observa claramente en todo el período, que ninguna de las estaciones cumple la norma.

Se observa que el indicador agregado para el AMG se ha mantenido prácticamente sin cambio en todo el período, excepto en 2013, en el que el indicador de la estación Atemajac se elevó considerablemente.

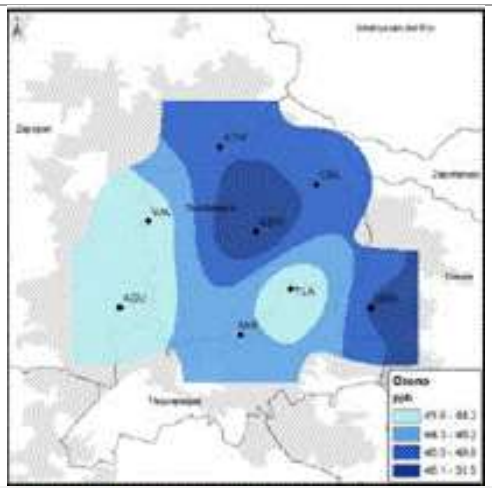
En lo que respecta al comportamiento por estación de monitoreo, no se observa una tendencia clara en ninguna de ellas.

Distribución de los días con calidad del aire, buena, regular y mala (máximos diarios de 1 hora).



Además de que se confirma el problema con este contaminante en todas las estaciones – por la cantidad de días en rojo – se destaca que en casi todas las estaciones el número de días en amarillo aumenta, lo que puede indicar que las concentraciones van aumentando y es posible que en el futuro estos valores superen los valores normados.

Representación espacial de las concentraciones (promedio de los promedios anuales diario).

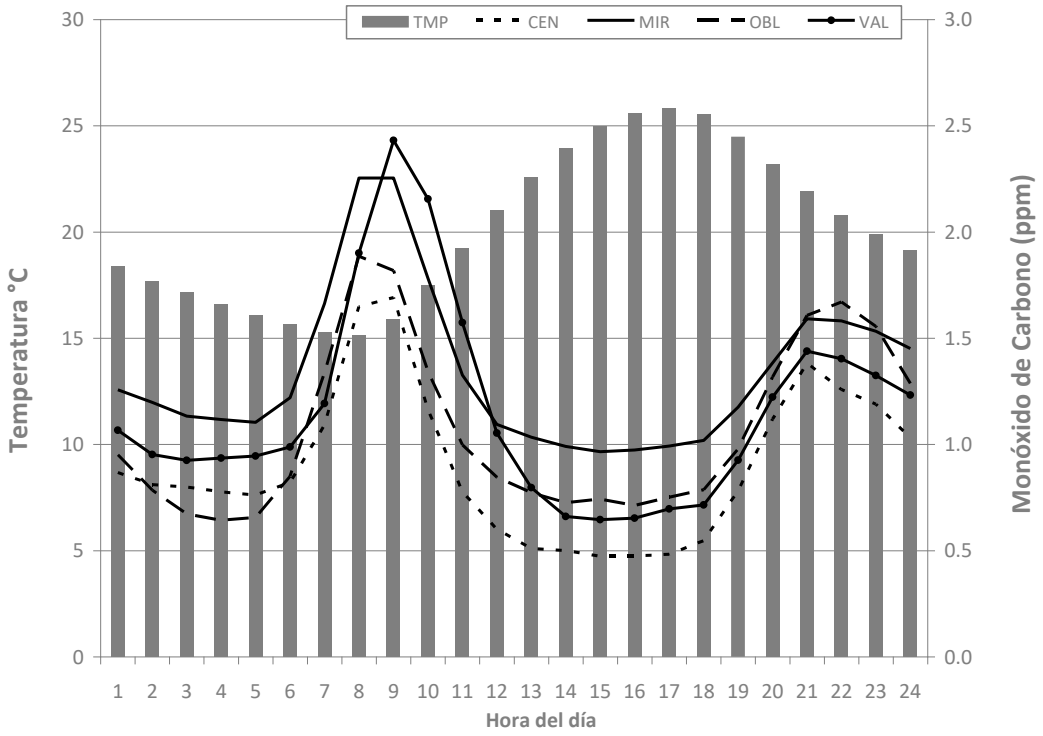


Las concentraciones más elevadas de O_3 se presentan al centro y sureste de la ciudad, en las inmediaciones de las estaciones Centro (CEN) y Loma Dorada (LDO), respectivamente. La primera estación se encuentra ubicada en un área comercial con intenso tráfico vehicular y la segunda en una zona habitacional densamente poblada.

3.7.3 Monóxido de Carbono (CO)

El CO es un gas incoloro que en concentraciones elevadas puede ser letal. Se forma de manera natural mediante la oxidación del metano (CH_4) y antropogénicamente por la quema incompleta. Los vehículos son la principal fuente de CO, por lo que en la actualidad los automóviles nuevos cuentan con un convertidor catalítico que permite reducir sus emisiones, así como de otros gases contaminantes[24].

La Gráfica 19 muestra el comportamiento horario de CO. Se puede observar que este contaminante tiene un comportamiento bimodal asociado con el patrón del tránsito vehicular. Los valores más altos se presentan por la mañana y por la tarde.



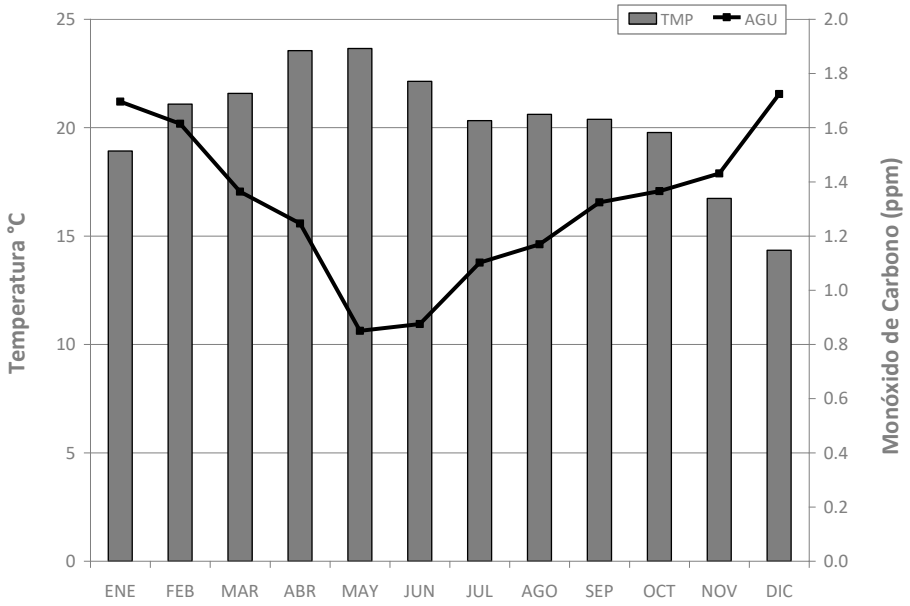
Gráfica 19. Comportamiento del CO durante el día.

Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en los registros históricos de las concentraciones de CO.

En la Gráfica 20 se presenta el comportamiento de CO durante el año, las concentraciones más elevadas se registran en los meses más fríos (noviembre, diciembre, enero y febrero), lo que puede relacionarse con las fuertes inversiones térmicas que se presentan durante estos meses en el AMG.

[24] GDF-SMA, 2006

Por otra parte las concentraciones más bajas entre mayo y julio se pueden asociar a las temperaturas más elevadas, lo que conlleva a una mayor verticalidad (dispersión) de contaminantes. El CO es un contaminante sumamente estable con vida media promedio en el aire de 2 meses.



Gráfica 20. Comportamiento del CO en el transcurso del año.

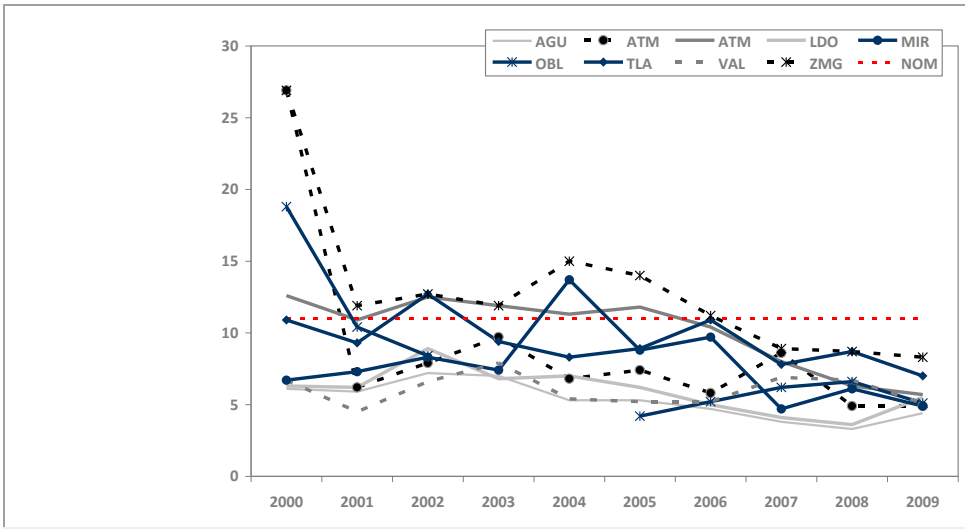
Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en los registros históricos de las concentraciones de CO.

Estudios recientes realizados en los EE.UU., han comprobado que debido a la distribución espacial que presenta este contaminante, las concentraciones encontradas en microambientes como en las banquetas de calles con intenso tránsito vehicular y en el interior de vehículos privados y públicos, son mucho mayores que las concentraciones medidas simultáneamente en las estaciones fijas de análisis continuo.

Esto significa que, a pesar de que no se exceda la norma a nivel de la estación, puede haber un número considerable de personas que se vean expuestas a niveles más altos de este contaminante. El principal efecto en la salud de la población expuesta a este contaminante, es el bloqueo de la hemoglobina de la sangre, lo que priva la oxigenación de los tejidos del organismo con consecuencias fatales en personas con afecciones cardiacas.

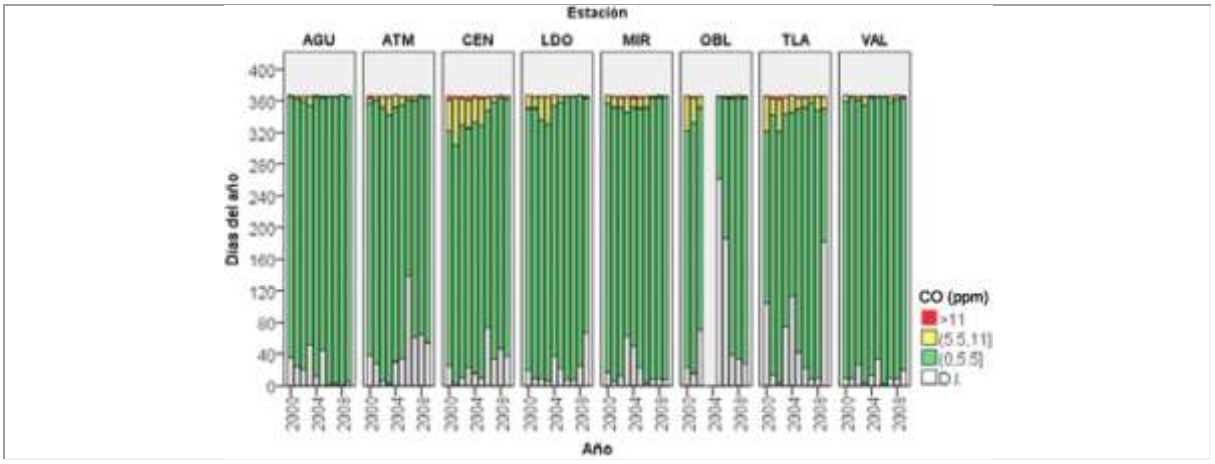
Indicadores de CO en el AMG (Periodo 2000-2009).

Norma horaria (segundo máximo del promedio móvil de 8 horas)



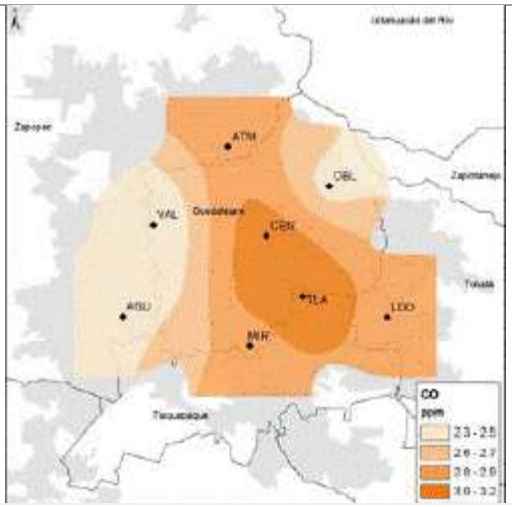
Este contaminante representó un problema en el AMG hasta antes de 2006, pero posteriormente se ha cumplido la norma en todas las estaciones y, por ende, también a nivel agregado. Sin embargo, en los últimos tres años registrados los niveles se conservan prácticamente constantes y ya no se observa la tendencia decreciente que se registró en 2004, por lo que se sugiere cautela en los próximos años.

Distribución de los días con calidad del aire, buena, regular y mala (máximos diarios de los promedios móviles de 8 horas).



En general, prácticamente todos los días de los últimos tres años se ha cumplido con la norma en todas las estaciones de monitoreo. Sin embargo, en 2009 la estación TLA no contó con información suficiente para dar un diagnóstico de la calidad del aire en aproximadamente la mitad de los días del año.

Representación espacial de las concentraciones (promedio de los promedios anuales del dato diario).



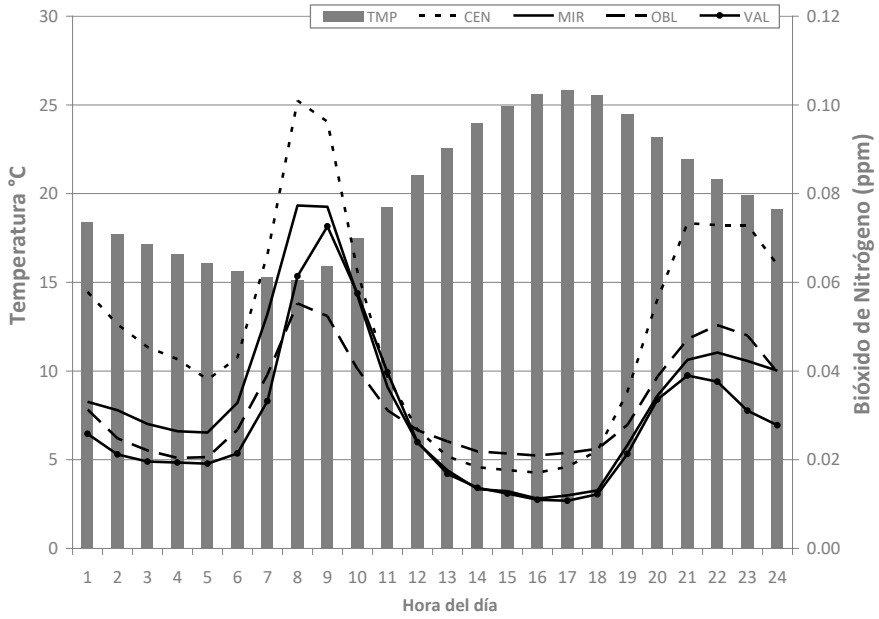
Las mayores concentraciones de este contaminante se observan en la zona centro de la zona metropolitana, la cual se caracteriza por ser un área comercial con intenso tránsito vehicular. Las concentraciones más bajas, por su parte, suelen ocurrir en las zonas habitacionales, como las localizadas en el entorno de estaciones como Águilas (AGU) y Vallarta (VAL), al oeste y Oblatos (OBL) al noreste.

3.7.4 Óxidos de nitrógeno (NO_X)

Los NO_X son un grupo de gases altamente reactivos formados por el dióxido de nitrógeno (NO_2) y el óxido nítrico (NO). Las principales fuentes antropogénicas de NO_X son los vehículos automotores, las plantas de generación de electricidad y otras fuentes industriales, comerciales y residenciales que queman combustibles.

El NO_2 es un gas incoloro, inodoro altamente corrosivo y precursor del O_3 troposférico. El NO_2 se forma cuando se queman combustibles a altas temperaturas como la gasolina, el diesel o el keroseno; pudiéndose formarse también de manera natural por la descomposición bacteriana de nitratos.

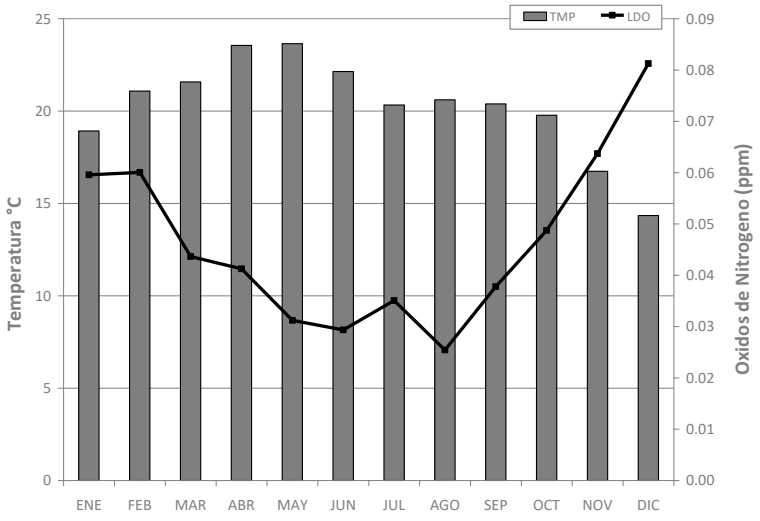
En la Gráfica 21 se presenta el comportamiento típico de NO_2 durante el transcurso del día, el cual es considerado como bimodal, debido a que las concentraciones más altas se aprecian por la mañana de las 6:00 a las 11:00 horas y por la noche, de las 19:00 a 23:00 horas. Este comportamiento es atribuido principalmente al tránsito vehicular y a la baja intensidad de la radiación solar.



Gráfica 21. Comportamiento del NO_2 durante el día.

Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en los registros históricos de las concentraciones de NO_2.

Con respecto al comportamiento anual del NO_2, se aprecia en la siguiente gráfica que las concentraciones más altas se presentan en los meses fríos (noviembre, diciembre, enero y febrero), esto es debido a la ausencia de radiación solar que no transforma el NO_2 en O_3.

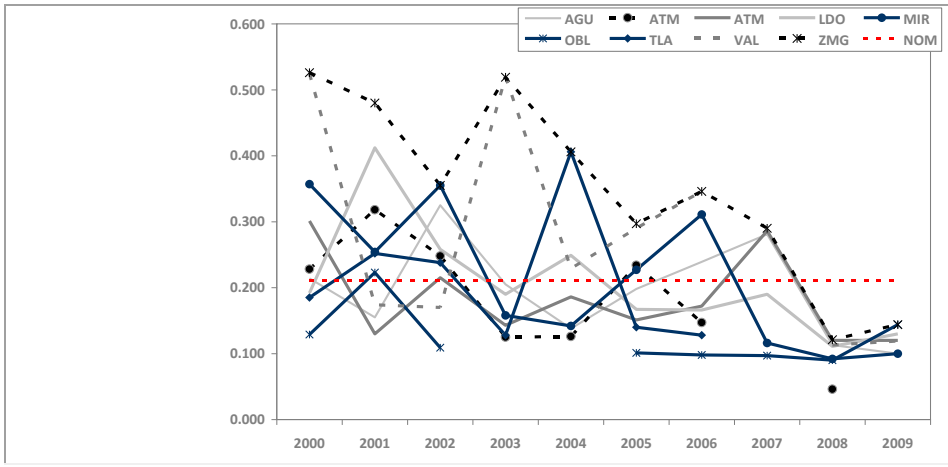


Gráfica 22. Comportamiento del NO_2 en el transcurso del año.

Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en los registros históricos de las concentraciones de NO_2.

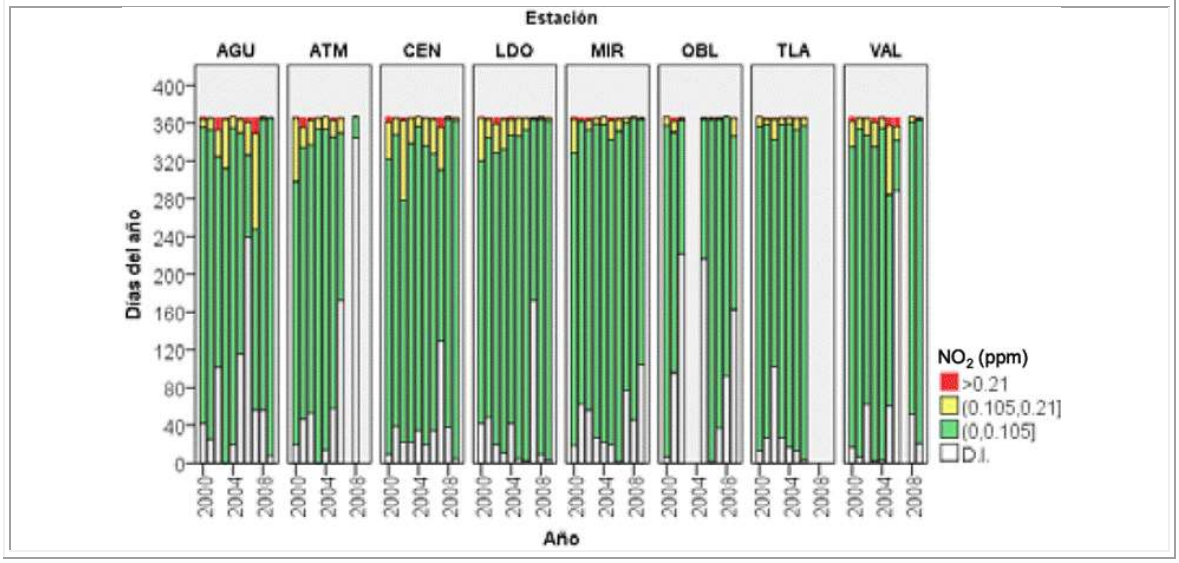
Indicadores de NO_2 en el AMG (Periodo 2000-2009).

Norma horaria (segundo máximo horario)



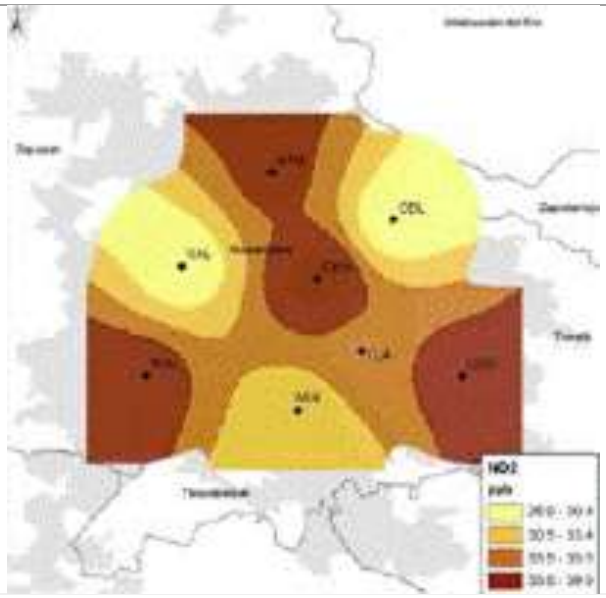
Se observa que tanto el indicador agregado como el indicador por estación se encuentran por debajo del valor normado después del 2008. Aunque destacan las fluctuaciones del indicador agregado y de algunas de las estaciones en 2002 y 2004, se observa una tendencia ligeramente decreciente a partir de 2005 de los valores registrados. Actualmente el NO2 no representa un problema de calidad del aire en la región.

Distribución de los días con calidad del aire, buena, regular y mala (máximos diarios).



Destaca la falta de medición y la insuficiencia de datos para generar el indicador en las estaciones Atemajac y Tlaquepaque en los últimos dos a tres años. Así mismo, en las estaciones Oblatos y Miravalle existe insuficiencia de datos para prácticamente la mitad de los días del último año. En las demás estaciones como Águilas (AGU), Centro (CEN), Loma Dorada (LDO) y Vallarta (VAL) también se observan días en blanco, pero predominan los días con un diagnóstico favorable.

Representación espacial de las concentraciones (promedio de los promedios diarios de 24 horas).



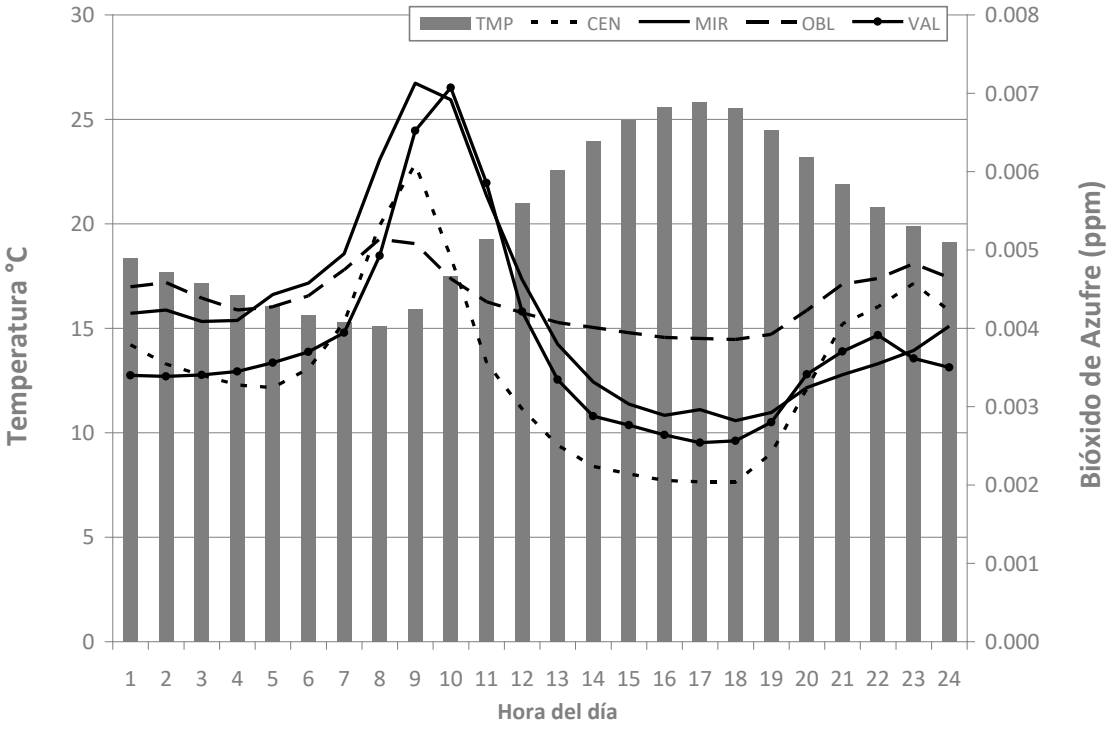
La distribución espacial del NO_2 muestra que las concentraciones más altas de este contaminante suelen registrarse en las inmediaciones de sitios con intensa actividad vehicular como la registrada alrededor de zonas habitacionales cercanas a las estaciones como Atemajac (ATM), Águilas (AGU) y Loma Dorada (LDO), o de áreas comerciales como la estación Centro (CEN).

3.7.5 Bióxido de Azufre (SO_2)

Los gases de la familia de los óxidos de azufre (SO_X), entre los que se encuentra el SO_2, son incoloros y de olor irritante. Se forman al quemar combustibles con azufre y tienden a disolverse fácilmente en agua, además pueden permanecer en la atmósfera entre dos y cuatro días o ser transportados a miles de kilómetros y formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) en lugares remotos.

La fuente de emisión primaria de SO_2 es la quema de combustibles fósiles, tales como el combustóleo, diesel y carbón. Las fuentes naturales de SO_2 incluyen erupciones volcánicas e incendios forestales.

El SO_2 es, además, precursor de otros contaminantes como el trióxido de azufre (SO_3), el H_2SO_4 y los sulfatos, que contribuyen a la formación de partículas finas en la atmósfera y de lluvia ácida. La Gráfica 23 muestra el comportamiento del SO_2 durante el día, presentando un comportamiento casi bimodal con los niveles más elevados de SO_2 por la mañana entre las 7:00 y las 11:00 horas y vuelve a elevarse después de las 19:00 horas, manteniéndose relativamente estable durante la madrugada y hasta la mañana siguiente. Su valle más bajo siempre será en horas de mayor radiación solar, debido a que el calentamiento del aire favorece la circulación de este contaminante.

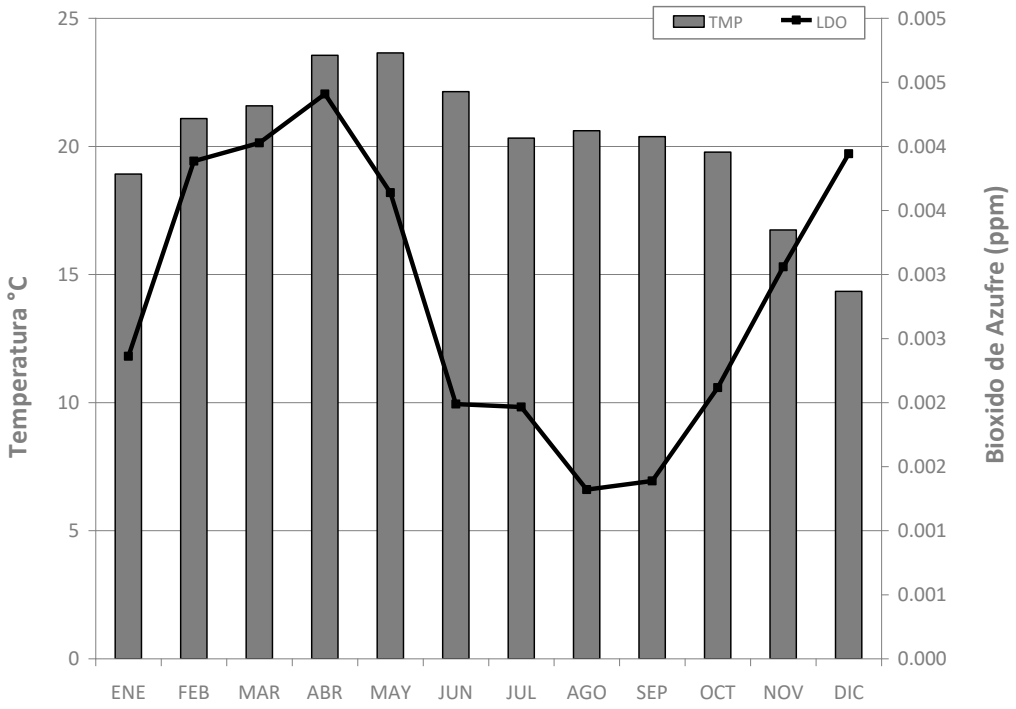


Gráfica 23. Comportamiento del SO_2 durante el día.

Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en los registros históricos de las concentraciones de SO_2.

En relación con el comportamiento del SO_2 durante el año, se aprecian en el AMG concentraciones más elevadas de noviembre a mayo y más bajas durante los meses de verano, tal y como se muestra en la Gráfica 24.

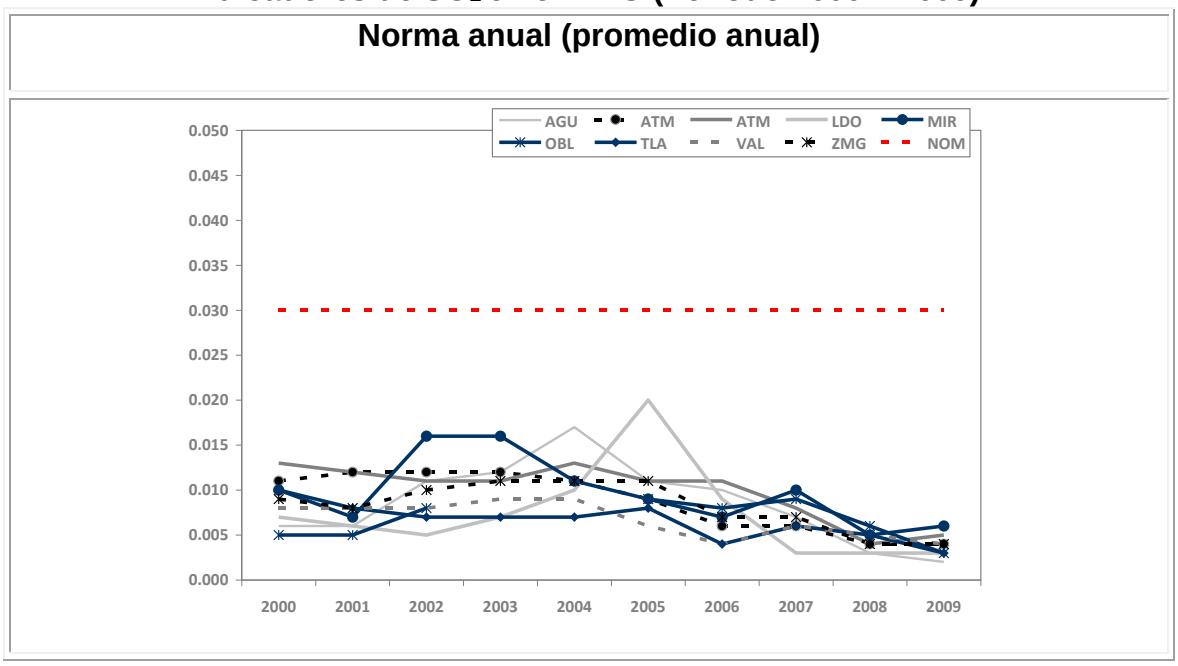
Esta situación puede deberse a que, durante el verano, las lluvias promueven la deposición de este contaminante. Por el contrario, el aumento en la producción de energía, actividad ligada a la emisión de este contaminante y la falta de humedad en la atmósfera, contribuyen a las elevadas concentraciones de SO_2 durante el invierno.

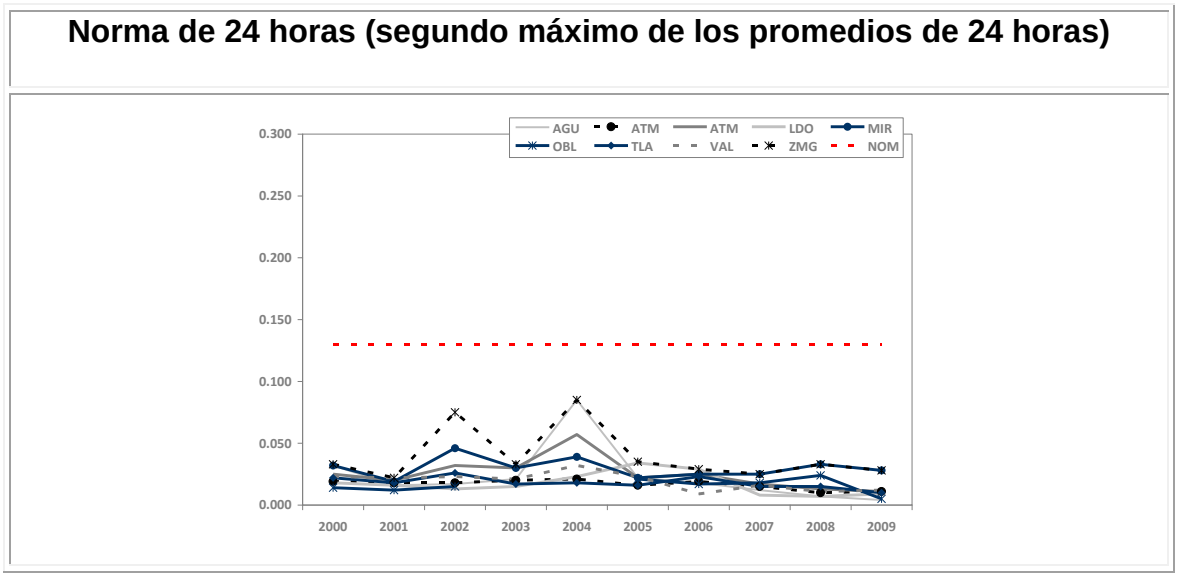


Gráfica 24. Comportamiento del SO_2 en el transcurso del año.

Fuente: SIMAJ, 2013. Con base en los registros históricos de las concentraciones de SO_2.

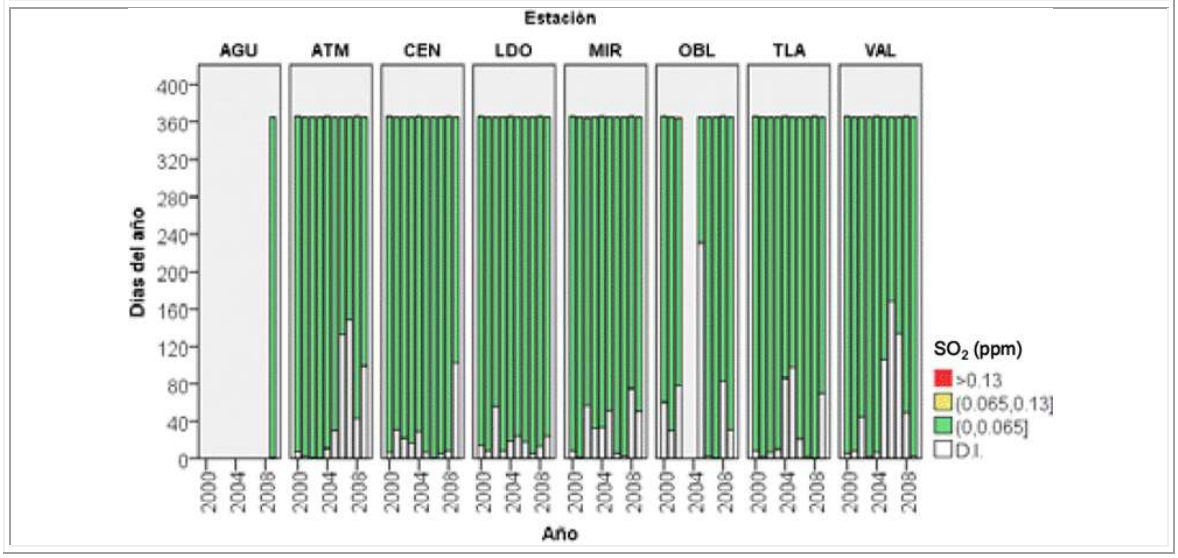
Indicadores de SO_2 en el AMG (Periodo 2000 – 2009).





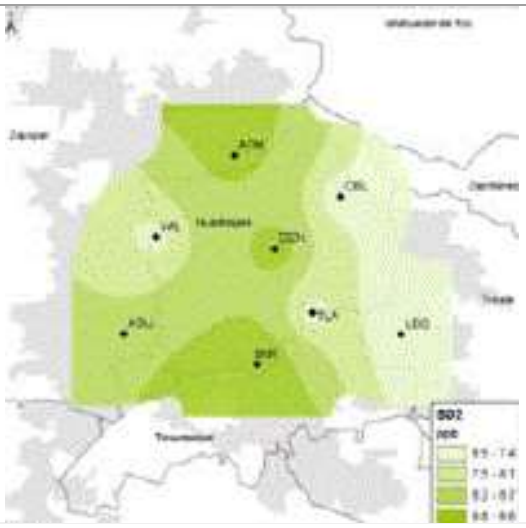
Salvo por algunos valores que se desvían de la tendencia (en 2002 y 2004), en general se observa que ésta es decreciente y los niveles registrados no representan un problema para el cumplimiento de las normas respectivas, sin embargo esto no quiere decir que no exista mala calidad del aire en la región.

Distribución de los días con calidad del aire, buena, regular y mala (promedios de 24 horas)



En general, no se observan problemas con respecto a este contaminante, pues una cantidad significativa de días, en cada año, caen en el color verde. Por otro lado, destaca también que hay una cantidad considerable de días con información insuficiente, especialmente en la estaciones Atemajac (ATM) y Vallarta (VAL).

Representación espacial de las concentraciones (promedio de los promedios diarios de 24 horas)



Se observa que las concentraciones elevadas de SO_2 se registran en Atemajac (ATM), Centro (CEN) y Miravalle (MIR) y éstas se atenúan hacia el poniente de la

ciudad en Águilas (AGU) y Vallarta (VAL), lo que ocurre también hacia el oriente en Oblatos (OBL) Tlaquepaque (TLA) y Loma Dorada (LDO).

3.7.6 Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Además de participar como precursores de la formación O_3 y de partículas secundarias ($PM_{2.5}$ o menores), los COV -como el benceno, el formaldehído, el acetaldehído y el 1,3-butadieno, el formaldehído y los compuestos poli-cíclicos aromáticos-, son motivo de especial preocupación debido a su alta toxicidad y reactividad.

Desafortunadamente, debido a que el SIMAJ no cuenta con analizadores para este tipo de contaminantes, no se cuenta con información del comportamiento de los COVs en la atmósfera de las zonas de estudio.

3.8 DIAGNÓSTICO DE LA SALUD EN JALISCO

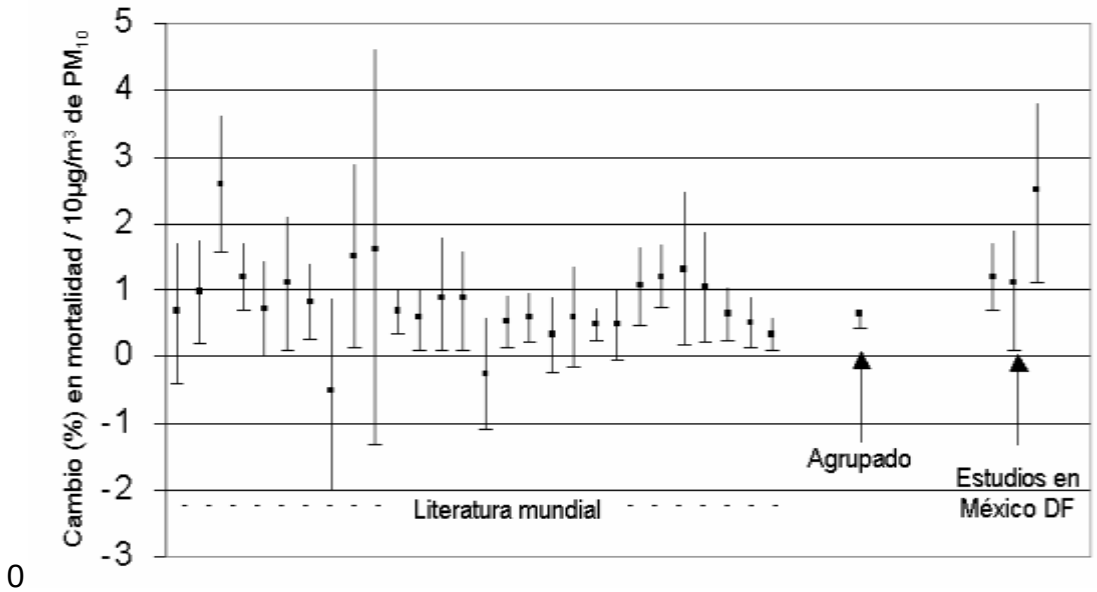
El aire contaminado produce daños a la salud humana dependiendo de las propiedades físicas y químicas de sus componentes. El riesgo individual varía de persona a persona y está determinado por el estado de nutrición, salud (condiciones cardiacas y respiratorias), la genética, edad y el sexo de las personas. En este sentido en personas de 0 a 14 años y mayores a 65 años, el riesgo de padecer enfermedades respiratorias a consecuencia de la contaminación atmosférica es mayor (Cesar et. al, 2001).

Los efectos tóxicos atribuibles a una exposición de corto plazo a niveles altos de contaminantes (exposición aguda) varían. El efecto agudo más preocupante es el incremento en las tasas de mortalidad debido a complicaciones respiratorias y/o cardiacas relacionadas con la exposición de PM_{10}, O_3, CO y SO_X (Romieu I, 1996).

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras (OMS, 2014).

En estudios epidemiológicos de los efectos de las partículas en México sobre la mortalidad prematura, se reporta un incremento ponderado de 1.4% en la mortalidad total ante un incremento de 10 $\mu g/m^3$ de $PM_{2.5}$, el mismo día y cuatro días después de la contingencia ambiental (Borja–Aburto, et al, 1998), siendo mayor el porcentaje en la mortalidad diaria por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en personas mayores de 65 años (2.5 y 2.2%) y niños menores de un año, con un aumento del 6.9% (Loomis, et al, 1999). En comparación, el incremento ponderado con resultados de otras ciudades del mundo es de 0.6%.

Las diferencias pueden deberse a la composición de las partículas y a la estructura de la población.



0

Gráfica 25. Cambio (%) en mortalidad / 10 µg/m^3 de PM_{10}.

Fuente: Levy-JAWMA, 2000.

Por otro lado los efectos en la salud asociados con una exposición a niveles bajos de contaminación del aire por períodos prolongados (exposición crónica), son similares a los mencionados por una exposición aguda, relacionándose principalmente por el incremento de enfermedades respiratorias como: bronquitis, neumonía, enfermedades crónico obstructivas y tos con flema y sibilancias[25], y en consecuencia la disminución de la esperanza de vida (Gold D., et al, 1999).

Conforme datos del Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) reportados en los Anuarios de Morbilidad de la Secretaría de Salud, mediante el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), la principal causa de enfermedad (57.2%) en la población de la entidad son las infecciones respiratorias agudas.

[25] Las sibilancias corresponden a un sonido silbante y chillón durante la respiración que ocurre cuando el aire fluye a través de las vías respiratorias.

Principales causas de enfermedad*	POBLACIÓN GENERAL						%
	2004	2005	2006	2007	2008	2004-2008	
1) Infecciones respiratorias agudas	1,551,156	1,709,678	1,645,876	1,393,977	1,489,978	7,790,665	57
2) Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	289,553	314,626	313,115	290,083	307,644	1,515,021	11
3) Infección de vías urinarias	199,902	194,974	201,121	186,254	203,747	985,998	7
4) Úlceras, gastritis y duodenitis	101,723	105,283	114,050	92,255	96,178	509,489	4
5) Hipertensión arterial	55,690	49,105	49,587	46,546	45,962	246,890	2
Total Global (Todos los Dx)	2,687,928	2,853,520	3,091,357	2,432,347	2,559,164	13,624,316	

Tabla 20. Distribución de casos de enfermedades en la población de Jalisco (2004-2008).

Fuente: SUIVE/DGE/Secretaría de Salud.

*) Para poder comparar la información, las estadísticas se calcularon tomando en cuenta las 10 causas principales causas de enfermedades reportadas para el 2004 en la población femenina.

Los estudios realizados para determinar con precisión los efectos del aire en la salud de los habitantes de Jalisco son aún escasos o no han sido elaborados con una metodología uniforme y válida para identificar y establecer los efectos de la contaminación del aire sobre la población. Por ende, es necesario llevar a cabo estudios específicos, para aseverar los efectos de los contaminantes sobre la salud de la población tapatía.

proAire



4

Objetivos y Estrategias

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

4.- OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS

En este capítulo se definen y analizan las estrategias para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera en el Estado de Jalisco.

4.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA

El ProAire de Jalisco 2014-2020 tiene como objetivo establecer las estrategias y acciones especificas para revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire en el Estado de Jalisco.

4.1.1 Objetivos Específicos

- *Definir estrategias claras que sirvan como una guía para la gestión integral y coordinada de la calidad del aire de corto, mediano y largo plazo.*
- *Reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera, principalmente de precursores de ozono y material particulado, mediante la implementación de las estrategias, medidas y acciones específicas para cada tipo de fuente de emisión.*
- *Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la información sobre la calidad del aire y emisiones a la atmósfera.*
- *Contribuir a desarrollar las capacidades de gestión de la calidad del aire en los tres órdenes de gobierno.*
- *Reducir los impactos a la salud de la población provocados por la contaminación atmosférica.*

4.2 EJES ESTRATÉGICOS

Para el cumplimiento de los objetivos señalados, se proponen cinco ejes estratégicos, los cuales se concretan en 35 medidas y acciones específicas. A continuación en la
Tabla **21** se presentan los ejes estratégicos y las medidas asociadas a cada uno de ellos del ProAire, algunas de estas medidas se empezaron a aplicar desde el año 2013, por esto es que reportan avances a esa fecha:

Tabla 21. Resumen de ejes estratégicos y medidas.

EJE ESTRATÉGICO 1. Reducción de emisiones a la atmósfera	
Medida 1.	*Promover la movilidad integral en el AMG.*
Medida 2.	*Impulsar la construcción y desarrollo de nuevas líneas en los sistemas de transporte público masivo del AMG.*
Medida 3.	*Mejorar la inspección a las emisiones vehiculares así como el mantenimiento a los vehículos que circulan en el AMG.*
Medida 4.	*Implementar un programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados (PVVC).*
Medida 5.	*Reforzar los programas de verificación vehicular para vehículos pesados e implementar programas para mejorar las prácticas operativas.*
Medida 6.	*Promover la renovación, retroadaptación e incorporación de vehículos con bajas emisiones en la flota vehicular privada y de uso intensivo.*
Medida 7.	*Maximizar el beneficio de los combustibles UBA distribuidos en el AMG.*
Medida 8.	*Fomentar esquemas de autorregulación, mejora continua y auditoría en la industria para el cumplimiento de la legislación vigentes.*
Medida 9.	*Fomentar el uso, la instalación y capacitación de mejores tecnologías en procesos industriales, quema de combustibles y el control de emisiones en las industrias de jurisdicción federal y estatal.*
Medida 10.	*Impulsar el uso de combustibles más limpios en el sector industrial.*
Medida 11.	*Establecer convenios de cooperación y coordinación con la industria papelera del Estado de Jalisco para reducir las emisiones de SO_2.*
Medida 12.	*Establecer convenios de cooperación y coordinación con la industria vidriera y la industria química del Estado de Jalisco para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.*
Medida 13.	*Elaborar un convenio de colaboración para regular y reducir emisiones provenientes de los ingenios.*
Medida 14.	*Regular y reducir las emisiones por el uso de pinturas base solvente por recubrimiento de superficies y desengrasado.*
Medida 15.	*Promover mejores prácticas y equipos más eficientes para la cocción de alimentos en establecimientos a través de esquemas de regulación y nuevas tecnologías.*

Medida 16.	*Regular las actividades de elaboración artesanal de ladrillos y crear un programa para que los productores apliquen las mejores prácticas en las ladrilleras.*
Medida 17.	*Impulsar el control de vapores en terminales de almacenamiento y reparto de PEMEX, en el transporte y en estaciones de servicio.*
Medida 18.	*Establecer los lineamientos, regulaciones y buenas prácticas para reducir las emisiones generadas por quemas agrícolas (roza-tumba-quema y zafra de azúcar), forestales y residuos urbanos.*
Medida 19.	*Regular las actividades de extracción en bancos de materiales y las actividades de preparación de sitios en construcción.*
Medida 20.	*Impulsar la creación de una Norma Ambiental Estatal (NAE) para establecer límites máximos permisibles de emisión más estrictos para vehículos automotores a combustión.*

EJE ESTRATÉGICO 2. Gobernanza	
Medida 21.	*Implementación del programa de Transporte Escolar para planteles educativos en el Estado de Jalisco.*
Medida 22.	*Fortalecer los esquemas de inspección y vigilancia en la industria.*

EJE ESTRATÉGICO 3. Fortalecimiento institucional	
Medida 23.	*Instrumentar del Registro de Emisiones y Trasferencia de Contaminantes estatal.*
Medida 24.	*Crear el Sistema de Información Estatal de Emisiones Industriales.*
Medida 25.	*Instrumentar del Registro de Emisiones y Trasferencia de Contaminantes municipal.*
Medida 26.	*Actualizar y mejorar el Plan de Contingencias Atmosféricas del AMG.*
Medida 27.	*Actualizar el Programa estatal de educación ambiental para el desarrollo sustentable en materia de calidad del aire.*
Medida 28.	*Desarrollar las capacidades para generar el pronóstico de la calidad del aire, analizar la dispersión de contaminantes y desarrollar escenarios utilizando herramientas de modelación.*
Medida 29.	*Asegurar el funcionamiento eficiente, confiable y oportuno, así como la ampliación del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ).*
Medida 30.	*Establecer el Comité Núcleo para la implementación, seguimiento y evaluación para el ProAire.*

EJE ESTRATÉGICO 4. Generación y aplicación del conocimiento	
Medida 31.	*Mejorar y ampliar los esquemas de comunicación a la población sobre la calidad del aire en tiempo real y su importancia.*
Medida 32.	*Desarrollar proyectos de investigación científica para conocer la dinámica atmosférica y los mecanismos de formación de contaminantes secundarios en la atmósfera del AMG.*
Medida 33.	*Actualizar el inventario de emisiones de contaminantes criterio para el Estado de Jalisco y desarrollar el inventario de emisiones de contaminantes tóxicos.*

EJE ESTRATÉGICO 5. Protección a la salud de la población	
Medida 34.	*Reducir la exposición de la población a partículas por medio de la expansión de la cubierta vegetal en las ciudades.*
Medida 35.	*Desarrollar el Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE) del Estado de Jalisco en materia de calidad del aire.*

EJE ESTRATÉGICO 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMOSFERA

Medida 1. Promover la movilidad integral en el AMG.

Objetivo: Diseñar e implementar programas de movilidad integral que ayuden a reducir el número de viajes de vehículos automotores, agilizar el tránsito vehicular e incrementar la movilidad no motorizada.

Justificación: En el AMG existe una desconexión entre la necesidad de viajes y los sistemas de transporte generando un alto impacto en los consumos energéticos que se ven reflejados en altos costos económico-sociales y contaminantes. Por lo tanto, es necesario crear un plan integral de movilidad que permita mayor infraestructura que involucre y permita el desarrollo de sistemas motorizados y no motorizados, así como una priorización de la jerarquía peatonal en zonas críticas para generar inclusión y mayor calidad de vida en la región.

Con el Plan Maestro de Movilidad Integral, se busca lograr un impacto positivo apegándose a las siguientes características: calidad y eficiencia en el transporte, cobertura metropolitana, equidad y cuidado al ambiente; además, se complementará con el Plan Maestro de Movilidad no Motorizada.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.1	Elaborar e implementar un Plan Maestro de Movilidad Integral para el AMG.	Municipios	Plan Maestro de Movilidad Integral implementado.	▣							
1.2	Establecer un mecanismo de coordinación para coadyuvar en la implementación del Plan Maestro de Movilidad No Motorizada.	Municipios	Mecanismo de coordinación establecido.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.3	Desarrollar y mantener una red de infraestructura para transporte no motorizado.	Municipios	Tipo de infraestructura desarrollada por año. Kilómetros de infraestructura no motorizada desarrollada por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.4	Promover y difundir conceptos de cultura y movilidad no motorizada entre la población en general.	Secretaría de Movilidad SEMADET	Campañas de promoción y difusión de cultura vial implementadas. No. de personas alcanzadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.5	Implementar un programa de préstamo de bicicletas.	Gobierno del Estado de Jalisco	Programa de préstamo de bicicletas implementado en sus diferentes fases.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.6	Actualizar indicadores de movilidad urbana.	Secretaría de Movilidad	Indicadores de movilidad urbana actualizados.	▣	▣		▣		▣		▣
1.7	Actualizar los aforos vehiculares existentes.	Secretaría de Movilidad	Indicadores de aforo vehicular actualizados.		▣		▣		▣		▣
1.8	Establecer rutas ordinarias en zonas de nuevo desarrollo.	Secretaría de Movilidad	No. de rutas ordinarias implementadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.9	Establecer rutas exprés para el transporte público de pasajeros.	Secretaría de Movilidad	No. de rutas exprés implementadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.10	Establecer rutas exprés, locales y metropolitanas de transporte de carga.	Secretaría de Movilidad	No. de rutas exprés de carga implementadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.11	Restringir la circulación de transporte de carga por zonas de tránsito intenso o en horarios conflictivos.	Secretaría de Movilidad	No. de calles o avenidas con tránsito restringido.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.12	Promover la instalación o reubicación estratégica de bases para taxis.	Secretaría de Movilidad SEMADET	No. de bases de taxis reubicadas. No. de bases nuevas de taxis instaladas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
1.13	Establecer un convenio de colaboración con las autoridades de seguridad pública, tránsito y transporte para la vigilancia y cumplimiento de esta medida.	Secretaría de Movilidad SEMADET	Convenio elaborado y firmado.								

Actores relevantes: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial(SEMADET), Secretaría de Movilidad, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: Realizar trabajos de coordinación con las diferentes autoridades de transporte y vialidad, para promover la planeación integrada de los sistemas de transporte. Las direcciones de ecología de los municipios en coordinación con la Secretaría de Movilidad de Jalisco elaborarán un diagnóstico sobre la operación e infraestructura que utiliza el transporte, en donde se identifiquen y analicen puntos conflictivos y rutas alternativas técnicamente adecuadas e impulsarán la elaboración de proyectos ejecutivos para la implementación de los corredores seleccionados y se buscarán esquemas de financiamiento. La Secretaría de Movilidad y SEMADET se coordinarán para promover la implantación de nuevas líneas exprés en el transporte público ordinario.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada				☑	☑	☑	☑	☑

Medida 2. Impulsar la construcción y desarrollo de nuevas líneas en los sistemas de transporte público masivo del AMG.

Objetivo: Minimizar el número de viajes en vehículos automotores a través de la implementación de nuevas líneas de transporte público de mediana capacidad con calidad y bajas emisiones en el AMG (SITEUR y Macrobús).

Justificación: La cantidad de emisiones por el sistema de transporte público en el AMG se ha incrementado dado el número de camiones que se requieren para cumplir con la demanda de los usuarios. En el AMG existe una desconexión entre la necesidad de viajes y los sistemas de transporte generando un alto impacto en los consumos energéticos que se ven reflejados en altos costos económico-sociales y contaminantes. Es por lo anterior que se requiere que esta demanda se cubra utilizando medios de transporte más eficientes como él Tren Ligero (SITEUR) o el Macrobús.

Esta medida debe desarrollarse en coordinación con el Plan de Movilidad integral (Medida 1).

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.1	Implementar un sistema de peaje unificado en el transporte público de pasajeros entre SITEUR y Macrobús.	Secretaría de Movilidad SEMADET	Sistema de peaje unificado implementado.	▣							
2.2	Promover el establecimiento de nuevas líneas en el Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR).	Secretaría de Movilidad SEMADET	No. de líneas de SITEUR establecidas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
2.3	Promover el establecimiento de nuevas líneas en el Sistema Macrobús.	Secretaría de Movilidad	No. de nuevas líneas de Macrobús implementadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
2.4	Crear centros de transferencia intermodal para transporte integral entre SITEUR y Macrobús.	Secretaría de Movilidad	No. de centros de transferencia intermodal en funcionamiento.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Actores relevantes: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial(SEMADET), Secretaría de Movilidad, municipios, universidades y centros de investigación y Sistema del Tren Eléctrico Urbano (SITEUR).

Instrumentación: La Secretaría de Movilidad realizará trabajos de coordinación con las diferentes autoridades de transporte y vialidad, para promover la implementación de un sistema unificado de peaje. La Secretaría de Movilidad y SEMADET colaborarán para promover la implantación de nuevas líneas en transporte público Macrobús y además, establecerán nuevas líneas de transporte masivo de bajas emisiones y mediana capacidad (por ejemplo, el tren eléctrico) y centros de transferencia modales donde confluyan diversos tipos de transporte (motorizado y no motorizado) y espacios para estacionarse.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada				☑	☑	☑	☑	☑

Medida 3. Mejorar la inspección a las emisiones vehiculares así como el mantenimiento a los vehículos que circulan en el AMG.

Objetivo: Evaluar el desempeño del programa de control de emisiones vehiculares vigente y mejorar el cumplimiento del programa de Afinación Controlada (AC).

Justificación: Se estima que los vehículos carburados a gasolina que tienen un buen mantenimiento preventivo, pueden alcanzar reducciones del orden del 50% en las emisiones de partículas, CO y COV principalmente, y del orden del 40% en vehículos a diesel. En el AMG en Mayo de 2012 existen 770 talleres acreditados por el programa que han ayudado a reducir las emisiones a la atmósfera. No obstante, es necesario lograr un mayor índice de cumplimiento, una prueba de emisiones más estricta y confiable con criterios homologados en todo el estado, además de concientizar a la sociedad sobre la importancia del cumplimiento del AC.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3.1	Realizar un diagnóstico de la operación del programa de control de emisiones vehiculares vigente.	SEMADET	Diagnóstico elaborado.	▣							
3.2	Realizar un programa de inspección a los talleres y centros de verificación acreditados.	SEMADET PROEPA	Programa de inspección realizado. No. de visitas de inspección realizadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3.3	Impartir periódicamente capacitación técnica y otorgar una certificación a los empleados de los talleres acreditados.	SEMADET	No. de cursos impartidos. No. de personas certificadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
3.4	Elaborar un análisis de factibilidad para el establecimiento de la verificación semestral para vehículos particulares.	SEMADET	Análisis de factibilidad elaborado.	▣							
3.5	Establecer la verificación dinámica a cinco gases (HC, CO, CO_2, O_2, NO_2).	SEMADET	Verificación dinámica a cinco gases establecida.	▣	▣						
3.6	Establecer la verificación vehicular como requisito ante la solicitud de cualquier trámite vehicular.	Gobierno del Estado de Jalisco	Verificación Vehicular establecida como requisito.		▣						
3.7	Crear una campaña de difusión permanente del programa de verificación vehicular.	SEMADET	Campaña de difusión creada. No. de personas alcanzadas por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
3.8	Crear convenios para que los medios de comunicación promocionen el programa.	SEMADET	Convenios creados.	▣							

Actores relevantes: Gobierno del Estado de Jalisco, SEMADET, Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente (PROEPA), SEMARNAT-INECC, talleres y/o centros de verificación, organismos de verificación y/o auditoría independiente, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET se coordinará con la PROEPA para realizar visitas de inspección y capacitación a los talleres acreditados así como una campaña de concientización a la sociedad buscando el incrementar el cumplimiento al programa de verificación vehicular.

La SEMADET se coordinará con el INECC para realizar el diagnóstico de la operación del programa de control de emisiones vehiculares vigente, y de manera individual elaborará un análisis de factibilidad para el establecimiento de la verificación semestral y verificación a cinco gases (HC, CO, CO_2, O_2, NO_2).

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada				☑	☑	☑		

Medida 4. Implementar un programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados (PVVC).

Objetivo: Promover el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.

Justificación: La verificación vehicular es obligatoria en el AMG desde el 1 de Marzo de 1997. En 2011 se tuvo una verificación del 50% del parque vehicular estatal, estimado en 482,934 unidades según datos de la Dirección General de Control Vehicular. Por tanto, se estima que aproximadamente la mitad de la flota vehicular de la AMG circula sin participar en este programa.

Los vehículos que no se encuentran en condiciones óptimas de operación o que no tienen un adecuado mantenimiento, tienen emisiones significativamente mayores que las de aquéllos vehículos que reciben un buen mantenimiento.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4.1	Diseñar e implementar el programa de detención y retiro vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.	SEMADET Secretaría de Movilidad	Programa implementado.	▣							
4.2	Adecuar el marco jurídico para crear el programa de detención y retiro de vehículos contaminantes.	SEMADET	Adecuaciones realizadas al marco jurídico.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4.3	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para la implementación del programa.	SEMADET	Recursos humanos, financieros y tecnológicos destinados por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
4.4	Implementar una línea de denuncia ciudadana para reportar vehículos visiblemente contaminantes, sin verificación y/o talleres corruptos.	SEMADET	Línea de denuncia implementada. No. de reportes ciudadanos por año.	▣							
4.5	Adquirir sensores remotos y opacímetros, para la detección y retiro de la circulación de vehículos ostensiblemente contaminantes.	SEMADET	No. de sensores remotos adquiridos. No. de autos detectados por año.	▣		▣			▣		
4.6	Mejorar las capacidades técnicas, y equipamiento de los oficiales de tránsito.	Secretaría de Movilidad	No. de cursos impartidos. No de personas capacitadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, Secretaría de Movilidad, SEMARNAT-INECC, universidades y centros de investigación, organismos de verificación y/o auditoría independiente.

Instrumentación: Las SEMADET y la Secretaría de Movilidad ejecutarán un proyecto para reforzar la difusión del programa mediante campañas de promoción permanentes, buscando la obligatoriedad de presentar la verificación vehicular ante la solicitud de trámites vehiculares. Las direcciones de ecología municipales, se coordinarán con la Secretaría de Movilidad para implementar y actualizar el PVVC. La SEMARNAT-INECC apoyará técnicamente para la creación del PVVC.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada				☑	☑	☑		

Medida 5. Reforzar los programas de verificación vehicular para vehículos pesados e implementar programas para mejorar las prácticas operativas.

Objetivo: Reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética de los vehículos pesados mediante la verificación vehicular y buenas prácticas de conducción.

Justificación: El autotransporte de carga y de pasajeros de jurisdicción federal o estatal, contribuye significativamente a las emisiones de $PM_{2.5}$ y PM_{10}, que son contaminantes que tienen efectos serios sobre la salud pública. Lo anterior hace necesario que estos vehículos cumplan con el programa de verificación vehicular correspondiente, y así se controlen sus emisiones. La verificación de este tipo de vehículos se rige por la NOM-045-SEMARNAT-2005, que es una norma que requiere una evaluación cualitativa de la emisión de partículas.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
5.1	Mantener un inventario actualizado de los vehículos del transporte de carga en el estado.	SEPAF	Inventario actualizado.	▣	▣			▣			▣
5.2	Analizar si la capacidad instalada de verificación vehicular para el transporte federal es suficiente.	SCT	Análisis realizado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
5.3	Implementar Programa de Verificación Vehicular Obligatorio (PVVO) para el transporte local de carga y de pasajeros.	SEMADET	PVVO de carga local y de pasajeros implementado.	▣	▣						
5.4	Incluir los vehículos pesados a diesel en el programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.	SEMADET	Vehículos pesados a diesel incorporados.	▣	▣						
5.5	Incorporar transportistas y flotillas de reparto al Programa de Transporte Limpio.	SEMARNAT	No. de transportistas incorporados a TL.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
5.6	Implementar la componente urbana de Transporte Limpio para el transporte local de carga y de pasajeros.	SEMARNAT SEMADET	Programa implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial SEMADET, Secretaría de Planeación Administración y Finanzas (SEPAF), Secretaría de Movilidad, SEMARNAT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET en coordinación con la SEPAF y la Secretaría de Movilidad promoverán la modernización del transporte de carga y pasaje que circula en la región, así como su incorporación al PVVO. La SCT, evaluará la necesidad de incorporar más centros de verificación vehicular para vehículos de jurisdicción federal en el Estado.

La SEMADET en colaboración con la SEMARNAT, implementará la componente urbana del Programa Transporte Limpio.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑		☑					

Medida 6. Promover la renovación, retroadaptación e incorporación de vehículos con bajas emisiones en la flota vehicular privada y de uso intensivo.

Objetivo: Aumentar la tasa de la renovación y retroadaptación de tecnologías de control en las unidades que integran la flota vehicular privada y de uso intensivo e incrementar el número de unidades en circulación con bajas emisiones.

Justificación: Los vehículos más viejos tienen mayores emisiones, debido a la falta de tecnologías de control y al desgaste de los motores, así como menor eficiencia energética que los vehículos de modelos más recientes. Esto se agrava cuando estos vehículos funcionan como parte de una flota de servicio intensivo (taxis, transporte público, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal).

Considerando las condiciones mecánicas y de mantenimiento en que se encuentran los vehículos del AMG, se prevé que por lo menos el 50% (350,000) de los vehículos particulares modelo 1986 a 1992 son susceptibles de incorporar estos cambios tecnológicos.
El convertidor catalítico de tres vías ha sido considerado como un dispositivo eficiente para el tratamiento de los gases de combustión cuya finalidad es la de reducir las emisiones contaminantes de NO_X.

Por otro lado, renovar los vehículos más viejos genera la oportunidad de reducir emisiones e incrementar la eficiencia energética de manera simultánea, con el consecuente ahorro en el consumo de combustibles. Una oportunidad adicional de reducción de emisiones puede derivarse del cambio de combustible de diesel a gas natural.

En general, el precio relativo de venta de estas unidades sigue siendo alto en comparación a vehículos equivalentes de combustión interna, aún y cuando la comparación de los costos totales a valor presente para la vida útil de las unidades muestre las ventajas del ahorro obtenido como consecuencia de una mayor eficiencia energética; sus costos sociales también disminuyen como resultado de las menores emisiones.

Adicionalmente, los costos iniciales se harán menores de acuerdo con la penetración de las tecnologías en el mercado.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
6.1	Mantener un inventario actualizado de la flota vehicular en circulación en el AMG.	SEPAF	Inventario actualizado.	▣	▣			▣			▣
6.2	Elaborar un estudio de costo-beneficio para determinar la edad, tipo, y tecnología de las unidades susceptibles de ser renovadas o retroadaptadas.	Secretaría de Movilidad	Estudio de costo-beneficio elaborado.	▣							
6.3	Incorporar los resultados del estudio a las políticas de transporte.	Secretaría de Movilidad	Información incorporada.	▣							
6.4	Implementar un programa de financiamiento para retroadaptación de equipos de control.	Secretaría de Movilidad	Programa de financiamiento implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
6.5	Implementar un programa de financiamiento orientado a la renovación de las unidades que integran la flota vehicular de uso intensivo, privilegiando unidades con bajas o cero emisiones.	Secretaría de Movilidad	Programa de financiamiento implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
6.6	Incorporar la flota vehicular de uso intensivo al programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.	Secretaría de Movilidad	Flota vehicular de uso intensivo incorporada.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
6.7	Desarrollar un programa de creación de infraestructura de servicio y recarga para la flota vehicular de uso intensivo con bajas emisiones.	SEMADET	Programa de creación de infraestructura implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
6.8	Formular convenios con la iniciativa privada para la creación infraestructura de recarga de combustibles alternativos.	Secretaría de Movilidad	Convenios elaborados y firmados.	▣							
6.9	Incorporar un holograma especial para vehículos con bajas o cero emisiones.	SEMADET	Holograma incorporado al PVVO. No. de vehículos que lo obtienen al año.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
6.10	Estudiar la implementación de zonas de libre circulación y otros incentivos para este tipo de hologramas.	Secretaría de Movilidad	Estudio elaborado.			▣					

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
6.11	Implementar un programa de renovación de convertidores catalíticos en vehículos de año modelo 1992 y posteriores por medio de un esquema de financiamiento.	SEMADET	Programa implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEPAF, Secretaría de Movilidad, SEMARNAT, Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE), municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEPAF en coordinación con la Secretaría de Movilidad mantendrá actualizado el padrón de la flota vehicular de uso particular. La Secretaría de Movilidad promoverá una serie de acciones que permitan la sustitución de la flota vehicular de uso intensivo, dando prioridad a aquellas unidades de mayor antigüedad. Adicionalmente, las direcciones de ecología de los municipios buscarán esquemas de financiamiento para la obtención de nuevas unidades (taxis, transporte público, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal). La Secretaría de Movilidad, la SEMADET y la SEPAF, diseñarán y ejecutarán una estrategia integral para promover el uso de vehículos privados con bajas emisiones. Particularmente, la SEMADET y la Secretaría de Movilidad incorporarán un holograma especial para este tipo de vehículos y analizarán la creación de zonas de libre circulación para los mismos. Adicionalmente, desarrollarán esquemas de financiamiento e incentivos para el uso de vehículos privados con bajas emisiones. Paralelamente, crearán un grupo de trabajo con la iniciativa privada, PEMEX y CFE, para identificar las diversas opciones de inversión en el desarrollo de infraestructura para la distribución del combustible para estos vehículos. Finalmente, la SEMADET en coordinación con la Secretaría de Movilidad conformará un grupo de trabajo para la creación del proyecto de adaptación (Retrofit) y sustitución de convertidores catalíticos en vehículos a gasolina así como para la búsqueda de esquemas de financiamiento y su aplicación.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 7. Maximizar el beneficio de los combustibles UBA distribuidos en el AMG.

Objetivo: Promover el aprovechamiento de los combustibles UBA que PEMEX distribuye en el AMG, a través de la introducción de unidades que cumplan con límites de emisión más estrictos a los que establecen las NOM.

Justificación: El diesel y la gasolina que PEMEX distribuye en el AMG, tiene contenido ultra bajo de azufre (15 ppm y 30 ppm respectivamente). Estos combustibles son necesarios para el correcto funcionamiento de las modernas tecnologías de control de emisiones.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
7.1	Promover la disponibilidad en el AMG de vehículos con las más modernas tecnologías de control de emisiones.	SEMADET SEMARNAT	No. de vehículos vendidos.	▣						▣	▣
7.2	Promover entre los responsables de las flotas de uso intensivo el uso de vehículos con modernas tecnologías de control de emisiones.	SEMADET SEMARNAT	No. y tipo de campañas de promoción realizadas. No. de flotas que han adquirido vehículos con modernas tecnologías.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
7.3	Desarrollar mecanismos de reconocimiento a los responsables de flotas que utilicen vehículos con modernas tecnologías de control de emisiones.	SEMARNAT SEMADET	Mecanismos de reconocimiento implementados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
7.4	Desarrollar un paquete de estímulos para la renovación del parque vehicular con vehículos con modernas tecnologías de control de emisiones.	SHCP SEPAF	Estímulos fiscales otorgados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMARNAT, Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), SEMADET, Secretaría de Planeación Administración y Finanzas (SEPAF), Secretaría de Energía (SENER) y PEMEX.

Instrumentación: SEMADET impulsará que la renovación del parque vehicular de flotillas de gobierno, particulares o de servicios de transporte, se realice considerando la adquisición de vehículos con tecnologías más modernas para el control de emisiones capaces de aprovechar efectivamente el combustible UBA disponible en el AMG.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada			☑					

Medida 8. Fomentar esquemas de autorregulación, mejora continua y auditoría en la industria para el cumplimiento de la legislación vigentes.

Objetivo: Aumentar la incorporación de las industrias en los programas de autorregulación que ayude a reflejar una reducción de sus emisiones contaminantes.

Justificación: Los programas de autorregulación se basan en el cumplimiento a la legislación vigente apoyada en la gestión ambiental y la mejora continua de procesos y productos voluntaria; resultando esto en un aumento en la eficiencia económica, ambiental y legal de la empresa. Gracias a lo anterior mejora la competitividad industrial y el desempeño de las empresas, así como la imagen pública de las mismas.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8.1	Realizar un inventario periódicamente de industrias de jurisdicción federal y estatal presentes en el Estado.	SEMARNAT SEMADET	Inventario actualizado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
8.2	Estudio para evaluar la necesidad de mejorar los reconocimientos a la industria en los programas de autorregulación.	PROEPA	Estudio realizado.	▣							
8.3	Identificar y promover esquemas de financiamiento para las acciones que se comprometan en los convenios.	PROEPA	Esquemas de financiamiento identificados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8.4	Promover que las empresas de jurisdicción federal ingresen al Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA) para obtener la certificación de Industria Limpia de PROFEPA.	PROEPA PROFEPA	No. de empresas inscritas en el PNAA.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
8.5	Promover el ingreso de las empresas de jurisdicción federal y local asentadas en el Estado al Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad.	SEMADET PROFEPA	No. de empresas de jurisdicción federal y local inscritas en el programa.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
8.6	Establecer convenios de colaboración con centros de investigación e instituciones de educación superior para desarrollar proyectos de producción más limpia en el Estado.	SEMADET SEMARNAT	No. de convenios de colaboración firmados y vigentes.	▣							
8.7	Implementar programas de capacitación dirigido a industriales, sobre métodos de producción más limpia.	SEMADET SEMARNAT	Programas de capacitación implementados. No. de industriales capacitados en métodos de producción más limpia.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente (PROEPA), cámaras de comercio y de servicios, municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET y la PROEPA deberán incentivar el proceso de Autorregulación Voluntaria (certificados de industria limpia y Liderazgo Ambiental para la Competitividad), a través de convenios con cámaras y asociaciones de industriales, sobre todo mediana y pequeña.

Así mismo, elaborarán esquemas que promuevan y hagan viable los programas de autorregulación y estudiarán la posibilidad de establecer un esquema de autorregulación a nivel estatal y municipal.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 9. Fomentar el uso, la instalación y capacitación de mejores tecnologías en procesos industriales, quema de combustibles y el control de emisiones en las industrias de jurisdicción federal y estatal.

Objetivo: Reducir emisiones mediante la implementación de modernas tecnologías para procesos, quema de combustibles y sistemas de control de emisiones en instalaciones.

Justificación: La sustitución y/o renovación tecnológica en quemadores de combustible y en equipos de control de emisiones permiten una reducción considerable generación de contaminantes a la atmósfera, con lo que se contribuye a la mejora de la calidad del aire en la zona y a aumentar la eficiencia económico-ambiental en las empresas participantes.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9.1	Identificar las empresas con las mayores emisiones contaminantes en PM, SO_2, NO_X y COV.	SEMADET SEMARNAT	No. de empresas identificadas.	▣	▣		▣		▣		▣
9.2	Establecer un convenio para que las empresas identificadas adopten tecnologías más modernas para procesos, quema de combustibles y sistemas de control de emisiones.	SEMADET SEMARNAT	Convenio elaborado.	▣							
9.3	Proporcionar asesoría técnica y financiera a empresas para la selección, compra e instalación modernas para procesos, quema de combustibles y sistemas de control de emisiones.	SEMADET SEMARNAT	No. de empresas asesoradas. No. de equipos modernos para la quema de combustibles instalados. No. de equipos de control instalados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT y universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET y SEMARNAT, capacitarán y promoverán la implementación o modernización de procesos, quemadores de combustibles y equipos de control de emisiones en industrias de jurisdicción federal y estatal.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 10. Impulsar el uso de combustibles más limpios en el sector industrial.

Objetivo: Reducir las emisiones de contaminantes mediante el uso de combustibles alternos que generen menos emisiones a la atmósfera.

Justificación: Diversas instalaciones industriales utilizan diesel, coque y combustóleo como combustibles, lo cual tiene como consecuencia la emisión de SO_2 y partículas en cantidades significativas. Estas emisiones podrán reducirse al sustituirlos por combustibles líquidos o gaseosos más limpios. De manera simultánea, se buscará limitar a un máximo de 0.05% en peso, el contenido de azufre en los combustibles industriales líquidos en el AMG.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
10.1	Elaborar un diagnóstico sobre el uso de combustibles en la industria, sus tendencias, escenarios futuros y factibilidad de cambio en función de su disponibilidad, precio, emisiones atmosféricas y relación costo-beneficio.	SEMADET	Diagnóstico elaborado.	▣							
10.2	Establecer un convenio para que las empresas con las mayores emisiones de partículas, SO_2 y NO_X, utilicen combustibles con un contenido de azufre máximo de 0.05% en peso.	SEMARNAT SEMADET	Convenio elaborado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
10.4	Crear un programa para impulsar el uso de combustibles más limpios utilicen combustibles con un contenido de azufre máximo de 0.05% en peso.	SEMADET SENER	Programa implementado.	▣	▣						
10.5	Establecer un programa de seguimiento, vigilancia y evaluación del cambio de combustibles y darle seguimiento al mismo.	PROEPA PROFEPA	Programa implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
10.6	Promover la investigación para el desarrollo de combustibles alternos, evaluando sus efectos ambientales.	SEMADET	No. de proyectos desarrollados por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, PROEPA, SEMARNAT, PROFEPA, SENER, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: Las autoridades ambientales y del sector energético elaborarán un diagnóstico del uso de combustibles empleados en las zonas de estudio, adicionalmente buscarán convenios con universidades o centros de investigación especializados en temas de energía y medio ambiente, con la finalidad de promover el uso de combustibles limpios (alternos), promoviendo la investigación y posibles alternativas de financiamiento, así como la implementación de estímulos fiscales. La SEMARNAT formará un grupo de trabajo para hacer revisar y actualizar la NOM-086-SEMARNAT para evaluar la factibilidad de establecer límites máximos permisibles más estrictos.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES:								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada			☑					

Medida 11. Establecer convenios de cooperación y coordinación con la industria papelera del Estado de Jalisco para reducir las emisiones de SO_2.

Objetivo: Reducir las emisiones a la atmósfera de SO_2 relacionadas con la producción de papel.

Justificación: En los procesos productivos del papel se generan emisiones de SO_2 de manera continua. El SO_2 es un contaminante que produce fuertes impactos a las vías respiratorias, además de ser precursor de la lluvia ácida y formar contaminantes secundarios.

En las zonas de estudio se generan 6,744 toneladas al año de SO_2 de las cuales el 12% corresponde a la producción de papel.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
11.1	Desarrollar un diagnóstico de la industria papelera en la zona de estudio.	SEMARNAT	Diagnóstico desarrollado.	▣							
11.2	Establecer un convenio de colaboración con la industria del papel para promover e implementar programas de reducción de emisiones.	SEMARNAT	Convenio elaborado y firmado.	▣							
11.3	Promover la implantación de equipos de control de emisiones en los procesos de la industria del papel.	SEMARNAT	No. y tipo de equipos de control instalados. Industria donde se instalaron.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT, PROFEPA, PROEPA, cámaras de la industria del papel, municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMARNAT en coordinación con la SEMADET, centrará su atención en la minimización de las emisiones de SO_2 en la industria del papel promoviendo la cooperación con una visión estratégica “ganar-ganar”, el uso de combustibles que cumplan con la normatividad vigente, e implementarán otras acciones aplicables a este tipo de industrias contenidas en este documento.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada			☑					

Medida 12. Establecer convenios de cooperación y coordinación con la industria vidriera y la industria química del Estado de Jalisco para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Objetivo: Reducir las emisiones a la atmósfera de COV relacionadas con la producción de vidrio y la industria química (en especial la producción de aceites y grasa vegetales comestibles).

Justificación: En el proceso del vidrio se generan emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ (en ocasiones con trazas de metales) y COV. Se estima que en total la industria del vidrio asentada en la zona emite 243 toneladas de PM_{10}, 238 toneladas de $PM_{2.5}$ y 1,072 toneladas al año de COV.

La industria química se compone por diversos giros entre los que destacan los laboratorios farmacéuticos, la producción de polímetros y la producción de aceites, grasas y sus derivados. Conforme datos del INEM 2005, en las zonas de estudio se generan 17,369 toneladas al año de COV de las cuales el 24% corresponde a la industria química, siendo aproximadamente el 69% generados por la producción de aceites, grasas y derivados.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
12.1	Desarrollar un diagnóstico e inventario de la industria vidriera y la industria química en la zona de estudio.	SEMARNAT	Diagnóstico desarrollado. Inventario elaborado.	▣							
12.2	Establecer un convenio de colaboración con la industria vidriera y la industria química para promover e implementar programas de reducción de emisiones.	SEMARNAT	Convenio elaborado y firmado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
12.3	Promover la implantación de equipos de control de emisiones en los procesos de la industria del vidrio y la industria química.	SEMARNAT	No. y tipo de equipos de control instalados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
12.4	Promover el uso de combustibles más limpios en la industria vidriera y la industria química.	SEMARNAT	Volumen de combustibles usados en el estado por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT, PROFEPA, PROEPA, cámara de la industria del vidrio, municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMARNAT centrará su atención en la minimización de las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y COV en la industria del vidrio y la industria química promoviendo el uso de combustibles más limpios.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑				☑		

Medida 13. Elaborar un convenio de colaboración para regular y reducir emisiones provenientes de los ingenios azucareros.

Objetivo: Reducir las emisiones a la atmósfera de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y COV provenientes de los ingenios.

Justificación: La agroindustria azucarera es una actividad relevante para la economía estatal, sin embargo durante el proceso de producción del azúcar se emite a la atmósfera una carga importante de contaminantes principalmente por quema de bagazo y combustión de combustibles fósiles en calderas y hornos.

De igual manera es común la generación de partículas y polvos durante ambos procesos y en el almacenamiento que también ponen en riesgo principalmente la salud de la población.

Zona de aplicación: Municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
13.1	Desarrollar un diagnóstico detallado de las actividades de la industria azucarera e identificar alternativas para minimizar las emisiones de la zafra, la quema de bagazo y la quema de combustibles fósiles.	SEMADET	Diagnóstico desarrollado.	▣							
13.2	Establecer un convenio de colaboración con los ingenios azucareros para aplicar las mejores alternativas.	SEMADET	Convenio elaborado y firmado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
13.3	Promover la renovación de calderas y el control de emisiones en los procesos de la industria azucarera.	SEMADET	No. y tipo de equipos de control instalados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
13.4	Promover la implementación de sistemas de control de partículas durante la fase de proceso y almacenamiento.	SEMADET	No. y tipo de equipos de control instalados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
13.5	Implementar programas de capacitación dirigido a productores de azúcar, sobre métodos de producción más limpia.	SEMADET SEMARNAT	Programas de capacitación implementados. No. de industriales capacitados en métodos de producción más limpia.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT, PROFEPA, PROEPA, cámaras de la industria del azúcar, productores de la caña de azúcar, municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET centrará su atención en la minimización de las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y COV en la industria azucarera promoviendo la implantación de equipos de control de emisiones en los procesos de la industria azucarera, e implementarán otras acciones aplicables a este tipo de industrias contenidas en este documento.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 14. Regular y reducir las emisiones por el uso de pinturas base solvente por recubrimiento de superficies y desengrasado.

Objetivo: Promover mejores prácticas y regulaciones de pintado para la reducción de emisiones en establecimientos que manejan y producen COV en sus procesos.

Justificación: En Jalisco existe una gran variedad de actividades comerciales y de servicios orientadas principalmente a abastecer al sector industrial de productos y materias primas que contienen solventes. Así mismo, existen también numerosos talleres dedicados al repintado automotriz, los cuales no realizan buenas prácticas, emitiendo considerables cantidades de contaminantes al aire, de manera directa al trabajador y a la población y sin que exista control y/o regulación sobre este tipo de actividades.

Los materiales usados como insumo en ambos sectores generan emisiones de partículas (aerosoles), COV y compuestos carcinogénicos durante diversos procesos de limpieza, recubrimiento de superficies, manufactura y distribución. Además, en el caso de las pinturas, éstas contienen un alto porcentaje de sustancias que al evaporarse y en presencia de radiación solar producen cantidades importantes de contaminantes secundarios como el O_3.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
14.1	Elaborar un inventario de distribuidores y manejadores de solventes (incluyendo talleres de repintado automotriz).	Municipio	Inventario de distribuidores y manejadores de solventes elaborado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
14.2	Actualizar el inventario de distribuidores y manejadores de solventes (incluyendo talleres de repintado automotriz).	Municipio	Inventario actualizado de distribuidores y manejadores de solventes actualizado.		▣			▣			▣
14.3	Ubicar los establecimientos de repintado existentes en un Sistema de Información Geográfica.	Municipios	Mapa de ubicación de talleres de repintado automotriz.	▣	▣			▣			▣
14.4	Realizar un estudio para identificar mejores tecnologías de limpieza y repintado de superficies en sus diferentes modalidades.	Municipios	Estudio realizado. Tecnologías identificadas.	▣						▣	
14.5	Generar un manual de buenas prácticas de limpieza y repintado de superficies en sus diferentes modalidades.	SEMADET	Manuales de buenas prácticas elaborados.	▣				▣			
14.6	Realizar cursos de capacitación de buenas prácticas de limpieza y repintado de superficies en sus diferentes modalidades.	Municipios	No. de cursos impartidos. No de personas capacitadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
14.7	Promover en los talleres de repintado automotriz el uso de mejores tecnologías.	SEMADET	No. y tipo de campañas realizadas. No de talleres capacitados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
14.8	Fomentar el uso de productos de consumo domésticos base agua e incentivar la disminución de solventes.	Municipios	No. y tipo de campañas de promoción de productos base agua realizada. No de personas alcanzadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
14.9	Desarrollar campañas de concientización a los usuarios sobre los daños potenciales a la salud por el uso inadecuado de los solventes.	Municipio	Programas de concientización implementados. Personas capacitadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
14.10	Elaborar un análisis costo beneficio para la conformación de un parque de pintura automotriz.	SEMADET	Análisis costo beneficio elaborado.	▣	▣						
14.11	Actualizar la normatividad que establece el contenido máximo permisible de COV en pinturas.	SEMARNAT	Normatividad actualizada.				▣	▣	▣		

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
14.12	Analizar la factibilidad de reglamentar a nivel municipal la comercialización, manejo y transporte de solventes.	Municipio	Análisis de factibilidad elaborado.		▣	▣					

Actores relevantes: Municipios, SEMADET, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: Las direcciones de ecología de los municipios del AMG y la SEMADET de manera coordinada con las cámaras de comercio e industria, universidades y centros de investigación, tendrán actualizado un inventario de talleres de pintado (formales e informales) en el que se identifiquen las principales sustancias utilizadas, su tipo, volúmenes y grado de volatilidad. Con la información anterior se elaborará un mapa de su ubicación en un Sistema de Información Geográfica (SIG) así como un estudio para identificar y seleccionar las mejores tecnologías, procesos, equipos y prácticas disponibles para el repintado de automóviles con pinturas bases solvente. Diseñarán y ejecutarán una estrategia integral para la promoción para la fabricación, uso pinturas base agua y mejores prácticas de aplicación. Identificarán las diversas opciones de financiamiento que puedan apoyar a la adquisición de equipos para el control de repintado base solvente en talleres automotrices. Así mismo, se analizará la factibilidad de crear un parque de pintado automotriz fuera del área urbana y la reglamentación a nivel municipal la comercialización, manejo y transporte de solventes.

Con apoyo de la SEMARNAT se buscará actualizar la NOM vigente sobre el contenido máximo permisible de COV en pinturas de secado al aire base solvente.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑				☑	☑	

Medida 15. Promover mejores prácticas y equipos más eficientes para la cocción de alimentos en establecimientos a través de esquemas de regulación y nuevas tecnologías.

Objetivo: Disminuir las emisiones por quema de leña y carbón a través de buenas prácticas, mejores tecnologías y el uso de otros combustibles en la cocción de alimentos en establecimientos comerciales.

Justificación: En los municipios de estudio existen numerosos establecimientos dedicados a la venta de alimentos que emiten significativas cantidades de contaminantes al aire. Por ejemplo, se estima que la combustión de leña y carbón en el estado, contribuye con 69,624 ton/año de PM_{10} y 66,839 de $PM_{2.5}$ ton/año, ocasionando serias enfermedades respiratorias en la población.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
15.1	Actualizar periódicamente el inventario de establecimientos que queman leña y carbón.	Municipio	Inventario de establecimientos que usan leña y carbón actualizado.	▣	▣			▣			▣
15.2	Desarrollar un diagnóstico detallado del impacto en la calidad del aire de este sector que incluya el uso de sistemas de información geográfica.	Municipio	Diagnóstico desarrollado. Mapa de ubicación de comercios que usan leña y carbón.	▣	▣			▣			▣
15.3	Diseñar e implementar una estrategia técnico – económica para promover el uso de combustibles alternos y sistemas de control de emisiones.	Municipio	Estrategia diseñada e implementada.	▣	▣						

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
15.4	Desarrollar campañas de concientización a los usuarios.	Municipio	Programas de concientización implementados. Personas capacitadas.		◙	◙	◙	◙	◙	◙	◙
15.5	Desarrollar y aplicar un programa coordinado de inspección y supervisión.	PROEPA Municipio	Programa de inspección y supervisión desarrollado.			◙	◙	◙	◙	◙	◙

Actores relevantes: SEMADET, PROEPA, municipios, INEGI, organizaciones de la sociedad civil, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: Las direcciones de ecología de los municipios en el AMG, en coordinación con la SEMADET, las universidades y centros de investigación, basados en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI desarrollarán un inventario de establecimientos que usan leña y carbón, su ubicación geográfica (incluyendo los volúmenes que consumen) y lo actualizarán periódicamente.

La SEMADET, elaborará un estudio para identificar y seleccionar las mejores tecnologías y prácticas para el control de las emisiones de este tipo de combustibles. Adicionalmente, diseñará y ejecutará una estrategia para la promoción del uso de GLP, natural u otros combustibles alternos, e identificarán diversas opciones de financiamiento para apoyar la adquisición de equipos de control de emisiones y/o la sustitución de los combustibles.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑		☑			☑	

Medida 16. Regular las actividades de elaboración artesanal de ladrillos y crear un programa para que los productores apliquen las mejores prácticas en las ladrilleras.

Objetivo: Reducir la exposición de la población a las altas emisiones contaminantes provenientes de los procesos de combustión en hornos**,** mediante el control y regulación en los procesos de combustión y la supervisión de los combustibles.

Justificación: Se sabe que los hornos ladrilleros pueden contribuir significativamente a las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y contaminantes tóxicos y a la exposición de la población a éstas. En Jalisco existen más de 2,000 ladrilleras, de las cuales 881 (44% del total) se localiza en el AMG; 19 en Guadalajara, 140 en Zapopan, 100 en Tlaquepaque, 295 en Tonalá, 130 en Tlajomulco de Zúñiga y 197 en El Salto. A consecuencia del acelerado y descontrolado crecimiento de la mancha urbana, actualmente estas ladrilleras se encuentran inmersas dentro de las zonas urbanas, provocando diversas molestias a la población, producto a las altas concentraciones de SO_2, NO_X y PM_{10} que emiten de forma directa a la atmósfera.

Recientemente se ha encontrado que controlar las emisiones de compuestos conocidos como forzantes climáticos de vida corta – FCVC, (short lived climate forcers - SLCF) como el carbono negro (Black carbon – BC) se pueden implementar rápidamente con un efecto positivo, en la mitigación del efecto de cambio climático y la mejora de la calidad del aire. Comúnmente se considera que el BC es una fracción de las $PM_{2.5}$, estas emisiones representan una de las principales preocupaciones en materia de la salud pública, debido al tamaño y la composición, sus características fisicoquímicas y la elevada exposición de las personas.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
16.1	Actualizar periódicamente el inventario de hornos ladrilleros.	Municipio	Inventario de hornos ladrilleros actualizado.	▣	▣			▣			▣
16.2	Proporcionar a la federación el inventario de emisiones actualizado de hornos ladrilleros.	SEMADET	Inventario de emisiones entregado.	▣	▣			▣			▣
16.3	Desarrollar un diagnóstico detallado del impacto en la calidad del aire de este sector que incluya el uso de sistemas de información geográfica.	Municipio	Diagnóstico desarrollado. Mapa de ubicación de ladrilleras.	▣	▣			▣			▣
16.4	Elaborar y publicar una norma técnica ambiental estatal que regule las actividades de la fabricación de ladrillo.	SEMADET	Norma técnica ambiental estatal elaborada y publicada.	▣	▣						
16.5	Diseñar y ejecutar una estrategia para promover el uso de combustibles alternativos, más limpios, y mejores prácticas de combustión en los hornos ladrilleros.	SEMADET	Estrategia diseñada e implementada.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
16.6	Diseñar e implementar tecnologías para mejorar la combustión en los hornos ladrilleros.	SEMADET	Estrategia diseñada e implementada.	▣	▣						
16.7	Elaborar un estudio costo-beneficio para la conformación de un parque ladrillero.	SEMADET SEDECO	Estudio costo-beneficio elaborado.		▣	▣					
16.8	Identificar opciones de financiamiento y subsidio para este tipo de proyectos.	SEMADET SEDECO	Opciones de financiamiento identificadas.	▣							
16.9	Promover la fabricación y uso de ladrillos orgánicos.	Municipio	No. de eventos de promoción.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
16.10	Revisar y modificar los planes de desarrollo urbano para prohibir la ubicación de ladrilleras cerca de zonas urbanas.	Municipio	Planes de desarrollo adaptados.	▣						▣	▣
16.11	Reubicar las ladrilleras para evitar la exposición de la población a sus emisiones.	Municipio	No. de ladrilleras reubicadas por año.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
16.12	Establecer y operar un programa de visitas de verificación y de inspección.	PROEPA	No. de visitas de verificación e inspección realizadas.			▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, PROEPA, municipios, SEMARNAT, hornos ladrilleros, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET en coordinación con la SEMARNAT y los municipios, crearán el inventario de hornos ladrilleros describiendo ubicación, técnica empleada, incluyendo consumo y tipo de combustible con la finalidad de conocer las características operativas de cada uno y lo actualizarán periódicamente. Con base en esta información, la SEMADET en coordinación con las direcciones de ecología de los municipios del AMG, centros de investigación y universidades analizarán la factibilidad para el uso de combustibles limpios en los hornos ladrilleros o la implementación de tecnologías alternativas para mejorar la combustión en éstos. Así mismo, éstos organismos elaborarán, publicarán y ejecutarán una norma técnica ambiental que regule las actividades desarrolladas para la elaboración y quema de ladrillo.

Adicionalmente se modificará los planes de desarrollo para ubicar fuera de zonas urbanas la instalación de nuevos hornos ladrilleros y se buscará la reubicación de los ya existentes en un parque ladrillero.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑		☑	☑

Medida 17. Impulsar el control de vapores en terminales de almacenamiento y reparto de PEMEX, en el transporte y en las estaciones de servicio.

Objetivo: Reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles generadas en las estaciones de servicio ubicadas en el Estado de Jalisco, estableciendo los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación, operación, mantenimiento, pruebas y verificación de los sistemas de control de vapores.

Justificación: En Jalisco existen más de 2.5 millones de vehículos automotores (SEPAF, 2010), los cuales consumieron en 2011 3.1 millones de m3, suministrados en su totalidad en estaciones de servicio (gasolineras) que no cuenta con sistemas de recuperación de vapores (COV). La instalación de sistemas de recuperación de vapores en estaciones de servicio ha probado ser una medida efectiva en la reducción de COV, reduciendo en más del 90% las emisiones de estos contaminantes.

El ciclo del control de vapores en estaciones de servicio comprende tres fases. La fase 0 es la que se lleva a cabo en las terminales de almacenamiento y reparto, donde se debe contar con equipos para la captación y eliminación de los vapores de gasolina que fueron recuperados en las otras dos fases. La Fase 1 es la que se lleva a cabo en los autotanques, los cuales deben ser herméticos y contar con un sistema de doble manguera que inyecta el combustible a los tanques subterráneos de las estaciones y que extrae los vapores acumulados en el tanque. La Fase 2, la cual es el objeto de la Norma, capta los vapores, en el proceso de recarga de combustible del dispensados al tanque del vehículo y los lleva al tanque subterráneo de la estación.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
17.1	Desarrollar un inventario detallado de estaciones de servicio en Jalisco.	SEMADET	Inventario de estaciones de servicio desarrollado.	▣	▣			▣			▣
17.2	Actualizar el inventario de emisiones a la atmósfera derivadas del manejo de combustibles, que incluya las TAR y las emisiones por el transporte y venta de combustibles.	SEMADET	Inventario de emisiones actualizado.	▣	▣			▣			▣
17.3	Hacer las modificaciones al marco legal a fin de que las estaciones de servicio sean consideradas como fuentes puntuales de emisiones a la ATMÓSFERA.	SEMADET	Publicaciones en el Periódico oficial.	▣							
17.4	Llegar a acuerdos de colaboración con PEMEX para mejorar el control de emisiones en actividades de almacenamiento y transporte de combustibles (Fase 0 y 1).	SEMARNAT	Convenio elaborado y firmado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
17.5	Establecer las estrategias adecuadas para instalar sistemas de control vapores en estaciones de servicio (Fase 2).	SEMADET	Reuniones de trabajo, minutas.	▣							
17.6	Diseñar esquemas de financiamiento para los equipos de control de emisiones por el almacenamiento, transporte y venta de combustibles.	SEMADET	Opciones de financiamiento identificadas.	▣							
17.7	Desarrollar y expedir una NAE para controlar las emisiones en las estaciones de venta de combustibles.	SEMADET	Norma técnica ambiental estatal elaborada y publicada.	▣	▣						
17.8	Realizar un estudio para evaluación de los sistemas de control de vapores Fase 0, 1 y 2.	SEMADET	Estudio realizado por tipo de fase.		▣	▣	▣				
17.9	Crear un programa permanente de inspección y verificación a los equipos de control en las TAR y en el transporte de combustibles.	PROFEPA	Programa de inspección y verificación creado. No. de visitas de inspección realizadas por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
17.10	Crear un programa permanente de inspección y verificación de la NAE.	PROEPA	Programa de inspección y verificación creado. No. de visitas de inspección realizadas por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
17.11	Reforzar las inspecciones para asegurar la calidad de los combustibles en las estaciones de servicio.	PROFECO PROEPA	No. De visitas de inspección realizadas por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, PROEPA, SEMARNAT, PROFEPA, Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), PEMEX, gasolineras y estaciones de servicio.

Instrumentación: SEMADET deberá expedir una norma estatal relativa a la aplicación y funcionamiento de sistemas de recuperación de vapores en las terminales de almacenamiento y distribución de PEMEX, así como en gasolineras o estaciones de servicio. SEMADET se coordinará con los expendedores de combustibles y PEMEX para firmar un convenio de colaboración donde exista el compromiso dar seguimiento a las acciones arriba descritas a fin de asegurar que el ciclo del control de vapores para las estaciones de servicio del AMG sea efectivo.La SEMADET deberá desarrollar y expedir una norma ambiental estatal similar a la NOM-092-SEMARNAT-1995 y elaborará planes para su aplicación, a través de esquemas de financiamiento en conjunto con los expendedores de combustible y PEMEX. La PROEPA será la encargada de desarrollar el programa permanente y realizar las visitas de seguimiento para que responsables de las estaciones de servicio, apliquen de manera adecuada la operación de los sistemas. Así mismo, se solicitará a PROFECO vigilar la calidad de los combustibles en las estaciones de servicio.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada						☑	☑	

Medida 18. Establecer los lineamientos, regulaciones y buenas prácticas para reducir las emisiones generadas por quemas agrícolas (roza-tumba-quema y zafra de azúcar), forestales y residuos urbanos.

Objetivo: Controlar y minimizar las emisiones por quemas agrícolas, forestales y urbanas a través de esquemas de buenas prácticas y esquemas de regulación.

Justificación: En diversas temporadas del año se presentan incrementos en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ derivado de las quemas agrícolas, forestales y de residuos urbanos. De acuerdo con el inventario de emisiones, los incendios forestales son la principal fuente de emisión de CO, $PM_{2.5}$, y PM_{10}, representando el 82% y el 76% del total de las emisiones de las fuentes de área.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
18.1	Actualizar el inventario de emisiones por quemas agrícolas, forestales y de residuos urbanos.	SEMADET Municipios	Inventario actualizado.	◘	◘			◘			◘
18.2	Analizar la factibilidad para implementar tecnologías alternativas que sustituyan la práctica de tumba- roza-quema y la zafra de caña de azúcar.	SEDER SAGARPA	Análisis de factibilidad elaborado.	◘	◘						

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
18.3	Diseñar esquemas de financiamiento para la implementación de tecnologías alternativas.	SEDER SAGARPA	Opciones de financiamiento diseñadas.	▣	▣						
18.4	Elaborar e implementar un programa de capacitación e incentivos para reducir las quemas agrícolas, forestales y urbanas.	SEDER SAGARPA	Programa de capacitación e incentivos implementado. No. de personas capacitadas por año. Incentivos creados por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
18.5	Elaborar una norma técnica estatal que regule las quemas agrícolas (tumba-roza-quema y zafra de azúcar) y forestales.	SEDER SEMADET	Norma técnica ambiental estatal elaborada y publicada.	▣							
18.6	Elaborar una norma técnica estatal que regule las quemas urbanas.	SEDER UEPCB	Norma técnica de seguridad estatal elaborada y publicada.	▣							

Actores relevantes: SEMADET, Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER), municipios, SEMARNAT, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos (UEPCB)

Instrumentación: Las direcciones de ecología de municipal y estatal se coordinarán con la SEDER para elaborar un inventario actualizado de quemas agrícolas, forestales y urbanas, además de realizar un estudio para identificar y seleccionar las mejores tecnologías disponibles para reducir la práctica de tumba-roza-quema y la quema de la zafra de azúcar. Adicionalmente, desarrollarán un programa de capacitación y concientización para los agricultores y población en general, a fin de reducir las quemas agrícolas, forestales y urbanas. Así mismo, elaborarán una norma estatal que regule las quemas agrícolas, forestales y una que regule las quemas urbanas en coordinación con Protección Civil.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑			☑	☑

Medida 19. Regular las actividades de extracción en bancos de materiales y las actividades de preparación de sitios en construcción.

Objetivo: Regular las actividades de extracción en bancos de materiales activos o abandonados y la preparación de sitios en construcción.

Justificación: En el AMG se realizan de forma intensiva la extracción en bancos de materiales activos y abandonados, los cuales no se encuentran regulados, generando impactos al ambiente por el arrastre de partículas. Se estima que las actividades de la construcción generan 2,983 toneladas por año de PM_{10} y 620 toneladas al año de $PM_{2.5}$.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
19.1	Elaborar y mantener actualizado un inventario de bancos de materiales.	Municipios	Inventario actualizado de bancos de materiales activos y en desuso.	◘	◘			◘			◘
19.2	Ubicar los bancos de materiales existentes en un Sistema de Información Geográfica.	Municipios	Mapa de ubicación de bancos de materiales.	◘	◘			◘			◘
19.3	Actualizar el Inventario de Emisiones para este tipo de fuentes.	Municipios SEMADET	Inventario de emisiones actualizado.	◘	◘			◘			◘
19.4	Establecer un programa para la promoción de buenas prácticas en el uso y explotación de bancos de materiales.	SEMADET	Programa de buenas prácticas implementado. No. de personas capacitadas al año.	◘	◘						

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
19.5	Formular una norma ambiental estatal para regular la extracción, manejo y almacenamiento de bancos de materiales.	SEMADET Municipios	Norma técnica ambiental estatal elaborada y publicada.	▣	▣						
19.6	Promover la rehabilitación de los bancos de materiales.	SEMADET	Bancos de materiales rehabilitados por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
19.7	Actualizar las normas de construcción para regular el control de emisiones de partículas durante la preparación de sitios en construcción y el transporte de materiales.	SEMADET	Normas de construcción actualizadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, municipios, SEMARNAT y SCT.

Instrumentación: Las direcciones de ecología de los municipios elaborarán un inventario de bancos de materiales activos y en desuso describiendo las técnicas empleadas para la reducción de partículas y su ubicación. En coordinación con SEMADET actualizarán el Inventario de Emisiones de partículas a la atmósfera generada por las actividades de los bancos de materiales, incluyendo minas de arena y grava, así como caliza y tepetate y otros productos pétreos para reportarlos a la SEMARNAT.

Así mismo, promoverán las buenas prácticas y rehabilitación de predios de bancos de materiales concientizando a los propietarios para que los restauren y lleven a cabo las medidas de mitigación correspondientes. La SEMADET se coordinará con los municipios para establecer una normativa para regular las actividades de extracción, manejo y almacenamiento de bancos de materiales y establecerán medidas de mitigación para evitar la dispersión de partículas asociadas a la extracción, manejo y almacenamiento de materiales, así como las actividades asociadas a la preparación de terrenos en construcción.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑						

EJE ESTRATÉGICO 2. GOBERNANZA

Medida 20. Impulsar la creación de una Norma Ambiental Estatal (NAE) para establecer límites máximos permisibles de emisión más estrictos para vehículos automotores a combustión.

Objetivo: Crear una NAE equivalente a las NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-044-SEMARNAT-1993, estableciendo límites máximos permisibles más estrictos para la emisión de contaminantes atmosféricos producto de la combustión de vehículos automotores.

Justificación: Considerando que el contexto ambiental y en particular, la tecnología y la situación de la calidad del aire en las ciudades mexicanas han cambiado significativamente en estos últimos años, se propone crear una NAE actualizada de emisiones producto de la combustión de vehículos automotores.

Zona de aplicación: Estado de Jalisco.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
20.1	Formar un grupo de trabajo.	SEMADET	Grupo de trabajo formado.		▣	▣					
20.2	Elaborar la NAE.	SEMADET	NAE elaborada.			▣	▣				
20.3	Publicar la NAE en el DOE.	SEMADET	NAE publicada.				▣	▣			

Actores relevantes: SEMADET, Secretaría de Movilidad, SEMARNAT-INECC, PEMEX, Instituto Mexicano de Petróleo (IMP), municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET formará un grupo de trabajo para revisar y proponer la norma equivalente estatal.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 21. Implementación del programa de Transporte Escolar para planteles educativos en el Estado de Jalisco.

Objetivo: Implementar el sistema de movilidad escolar con el fin de reducir el uso del vehículo particular para trasladar a los alumnos.

Justificación: El uso del vehículo particular es uno de las principales fuentes de emisión de contaminantes a la ATMÓSFERA en el AMG, se estima de acuerdo al estudio de Origen y Destino elaborado en 2008 por el Gobierno del Estado que el número de viajes que tienen con destino los centros escolares es de poco más de dos millones, los cuales se buscan disminuir, mediante la implementación de un programa de transporte escolar, que disminuya las emisiones contaminantes a la ATMÓSFERA al desincentivar el uso del vehículo para este fin, así mismo se busca mejorar la movilidad en los alrededores de los centros escolares y evitar los constantes conflictos viales que se presentan a la entrada y salida de los alumnos de las escuelas.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
21.1	Desarrollar una encuesta Origen y Destino para conocer las rutinas de los viajes que se efectúan hacia y desde los centros escolares.	SEJ Secretaría de Movilidad SEMADET	Encuesta elaborada. Resultados de la encuesta.	▣	▣						
21.2	Elaborar un programa piloto de transporte escolar en las escuelas seleccionadas.	SEJ Secretaría de Movilidad SEMADET	Programa desarrollado.		▣						
21.3	Elaborar un estudio costo-beneficio de la implementación de un programa de transporte escolar.	SEJ Secretaría de Movilidad SEMADET	Estudio costo-beneficio del Programa de Transporte Escolar diseñado.		▣						

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
21.4	Diseñar e implementar un Programa permanente de Transporte Escolar en los centros de educación en el AMG.	SEJ Secretaría de Movilidad SEMADET	Programa permanente de Transporte Escolar diseñado. Programa permanente de Transporte Escolar implementado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
21.5	Supervisar y verificar el cumplimiento al programa.	SEJ	Programa de mantenimiento e inspección.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores involucrados: Secretaría de Movilidad, Secretaría de Educación de Jalisco (SEJ), SEMADET, Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte (CEIT), universidades y centros de investigación, así como asociaciones de padres de familia.

Instrumentación: SEJ, Secretaría de Movilidad y SEMADET se coordinarán con CEIT para aplicar una encuesta origen destino enfocada a centros educativos en el AMG y determinar cuáles centros se considerarán para el programa piloto. La misma institución elaborará los estudios para poder dictaminar la factibilidad de la aplicación de esta medida en los centros escolares, así como sus costos y beneficios. Asímismo, diseñará la fase permanente del programa, el cual será coordinado e implementado por SEJ. El proceso de aplicación de esta medida será inclusivo, por lo que será desarrollada en conjunto con los padres de familia, los cuales apoyarán a la SEJ en la evaluación y seguimiento del programa.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑		☑		☑		

Medida 22. Fortalecer los esquemas de inspección y vigilancia en la industria.

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por el sector industrial, a través de incrementar la regulación de establecimientos industriales de jurisdicción local, estatal y federal, así como mejorar las capacidades técnicas, formativas y de equipamiento de los inspectores.

Justificación: En el Estado de Jalisco se cuenta con un gran número de empresas de jurisdicción federal y estatal. La inspección y vigilancia es de suma importancia para asegurar el cumplimiento de la normatividad aplicable y vigente.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
22.1	Actualizar un inventario de establecimientos industriales de jurisdicción federal y estatal.	SEMADET PROEPA	Inventario actualizado.	▣							
22.2	Diagnóstico de los programas estatales y municipales de inspección y vigilancia.	PROEPA	Diagnóstico elaborado.	▣							
22.3	Apoyar proyectos específicos para los establecimientos ubicados en las regiones prioritarias.	PROEPA	No. y tipo de proyectos apoyados.	▣	▣		▣		▣		▣
22.4	Desarrollar un programa estratégico y coordinado de inspección y vigilancia, con la participación de los tres órdenes de gobierno.	SEMADET PROEPA	Programa de inspección y vigilancia desarrollado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
22.5	Revisar y homologar los criterios para hacer más eficaces los programas de inspección y vigilancia.	SEMADET PROEPA	Criterios revisados y homologados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
22.6	Implementar un programa periódico de inspección de industria en horario nocturno.	PROEPA PROFEPA	Programa implementado. No. de visitas realizadas al año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
22.7	Incrementar las capacidades técnicas formativas, de equipamiento de las áreas de inspección y vigilancia.	PROEPA	No. de cursos impartidos. No. de personas capacitadas.	▣			▣	▣			▣
22.8	Evaluar el cumplimiento de la normatividad utilizando indicadores.	PROEPA	Resultados del cumplimiento a la normatividad.	▣	▣			▣			▣
22.9	Compilar y publicar periódicamente los resultados de los programas de inspección y vigilancia.	SEMADET PROEPA	Informe de resultados presentado.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT, PROFEPA, PROEPA, cámaras de comercio y de servicios, municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET y la PROEPA en coordinación con los municipios en evaluación mantendrán actualizado el inventario de establecimientos industriales de jurisdicción local, estatal y federal asentados en las zonas de estudio; actualizarán e implementarán programas para la inspección; y formación de las áreas de vigilancia, proporcionando mejores condiciones de trabajo para la realización de estas actividades, adicionalmente se coordinarán con la PROFEPA para implementar un programa que realice inspecciones en horarios nocturnos.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

EJE ESTRATÉGICO 3. FORTALECIMIENTO INSTITUCIÓNAL

Medida 23. Instrumentar del Registro de Emisiones y Trasferencia de Contaminantes estatal.

Objetivo: Establecer la instrumentación de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de competencia estatal.

Justificación: El artículo 109 bis de la LGEEPA, establece la obligación a los estados y municipios de instrumentar un RETC dentro del ámbito de su competencia, el cual es de carácter declarativo y será público, la información considerada pública es la correspondiente al nombre del establecimiento que reporta al RETC, su dirección, el año que reporta y las respectivas sustancias emisiones y/o transferidas.

La recopilación de la información del RETC se realiza a través de la Cédula de Operación Anual (COA), la cual, al ser un instrumento multimedios permite hacer el seguimiento anual del desempeño ambiental de las fuentes fijas y establecer medidas y mejoras en pro de la reducción de emisiones. Adicionalmente, la COA aporta datos que son insumos para inventarios de emisiones (de todo tipo), de residuos peligrosos y manejo especial, así como para el seguimiento de la gestión (PROFEPA) y otros.

Zona de aplicación: Estado de Jalisco.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
23.1	Firma del Convenio del RETC entre la SEMARNAT y el Gobierno del Estado.	SEMARNAT SEMADET	Convenio firmado.	▣							
23.2	Establecer el Comité de Trabajo del RETC.	SEMARNAT SEMADET	Comité del RETC constituido.	▣							
23.3	Elaborar un Programa de Trabajo conjunto del RETC.	SEMARNAT SEMADET	Programa de trabajo elaborado.	▣							
23.4	Construir el directorio de fuentes fijas de competencia estatal.	SEMADET INEGI IIEGJ	Directorio de fuentes fijas de competencia estatal elaborado.	▣	▣						
23.5	Ejecutar el programa de trabajo del RETC.	SEMADET	% de avances del programa de trabajo.	▣	▣	▣					
23.6	Publicación del Informe RETC estatal.	SEMADET	Publicación del RETC Estatal.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
23.7	Integración de datos al RETC nacional.	SEMARNAT SEMADET	Datos estatales transferidos a SEMARNAT.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
23.8	Publicación de datos RETC estatales en el RETC nacional.	SEMARNAT	Publicación del RETC nacional con datos federal y estatal.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT-INECC, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), cámaras de comercio y de servicios y municipios.

Instrumentación: La SEMADET se coordinará con la SEMARNAT para la implementación del RETC estatal.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 24. Crear el Sistema de Información Estatal de Emisiones Industriales.

Objetivo: Mejorar la disponibilidad de información de emisiones a la atmósfera por medio de la creación del Sistema de Información Estatal de Emisiones Industriales (SIEI).

Justificación: El esquema de regulación de gestión industrial ha sido diseñado fundamentalmente de acuerdo a los principios de control, dejando poco espacio e incentivos para autorregulación. Por tal motivo mediante la creación del Sistema de Información Estatal de Emisiones Industriales (SIEI) y creara la COA estatal usando como base la LAU para ser la fuente única de información, se contará con un sistema que integre y facilite los procesos de gestión industrial, que genere información confiable sobre las emisiones y transferencia de contaminantes y sirva para la elaboración de reportes e inventarios de emisiones, así como permisos de operación.

Zona de aplicación: Estado de Jalisco.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
24.1	Evaluar el formato estatal de entrega de la LAU en materia de calidad del aire.	SEMADET	Resultados de la evaluación de formatos de la COA y LAU.	▣							
24.2	Diseñar la COA estatal considerando el RETC estatal y federal.	SEMADET	COA estatal creada.	▣	▣						
24.3	Actualizar el marco normativo para la incorporación de la COA estatal y creación del sistema.	SEMADET	Actualizaciones realizadas al marco normativo aplicable.		▣	▣					

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
24.4	Desarrollar el SIEI con base en la COA estatal.	SEMADET	Plataforma en funcionamiento.		◙	◙					
24.5	Capacitar a todos los interesados sobre el funcionamiento del SIEI.	SEMADET	No. de cursos impartidos. No. de personas capacitadas.			◙	◙	◙	◙	◙	◙
24.6	Promover el uso y aplicación del SIEI entre los sectores industriales aplicables.	SEMADET	No. de campañas de promoción realizadas No. de Industrias que reportan al SIEI.			◙	◙	◙	◙	◙	◙

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT, PROEPA, cámaras de comercio y de servicios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET analizará la LAU y desarrollará con apoyo de SEMARNAT y cámaras de comercio e industriales el formato de la COA estatal que servirá como base para crear el SIEI. Además, la SEMADET actualizará el marco normativo que permita la aplicación del SIEI, promoverá su aplicación en los diversos sectores industriales y capacitará a las personas involucradas en el manejo y operación del mismo. La PROEPA por su parte vigilará el cumplimiento y aplicación de la COA estatal.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 25. Instrumentar del Registro de Emisiones y Trasferencia de Contaminantes municipal.

Objetivo: Establecer la instrumentación de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de competencia municipal.

Justificación: El artículo 109 bis de la LGEEPA, establece la obligación a los estados y municipios de instrumentar un RETC dentro del ámbito de su competencia, el cual es de carácter declarativo y será público, la información considerada pública es la correspondiente al nombre del establecimiento que reporta al RETC, su dirección, el año que reporta y las respectivas sustancias emisiones y/o transferidas.

La recopilación de la información del RETC se realiza a través de la COA, la cual, al ser un instrumento multimedios permite hacer el seguimiento anual del desempeño ambiental de las fuentes fijas y establecer medidas y mejoras en pro de la reducción de emisiones. Adicionalmente, la COA aporta datos que son insumos para inventarios de emisiones (de todo tipo), de residuos peligrosos y manejo especial, así como para el seguimiento de la gestión (PROFEPA) y otros.

Zona de aplicación: Estado de Jalisco.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
25.1	Firma del Convenio del RETC con SEMARNAT/Estado y el municipio.	SEMADET Municipios SEMARNAT	Convenio firmado.	▣							
25.2	Establecer el Comité de Trabajo del RETC.	SEMADET Municipios	Comité del RETC constituido.	▣							
25.3	Elaborar un Programa de Trabajo conjunto del RETC.	SEMADET Municipios SEMARNAT	Programa de trabajo elaborado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
25.4	Integrar el directorio de fuentes fijas de competencia municipal.	Municipios	Directorio de fuentes fijas de competencia municipal elaborado.	▣	▣						
25.5	Ejecutar el programa de trabajo del RETC.	Municipios	Porcentaje de avances del programa de trabajo.	▣	▣	▣					
25.6	Publicar del Informe RETC municipal.	Municipios	Informe del RETC municipal publicado.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
25.7	Integrar los datos al RETC estatal/nacional.	Municipios SEMADET SEMARNAT	Datos municipales transferidos a SEMARNAT y/o SEMADET.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
25.8	Publicar los datos del RETC municipal en el RETC estatal/nacional.	Municipios SEMADET SEMARNAT	Publicación del RETC Nacional con los datos federales, estatales y municipales de Jalisco.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT-INECC, INEGI, cámaras de comercio y de servicios y municipios.

Instrumentación: Los municipios se coordinarán con la SEMADET y/o la SEMARNAT para la implementación del RETC municipal.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 26. Actualizar y mejorar el Plan de Contingencias Atmosféricas del AMG.

Objetivo: Establecer las bases para contar con una herramienta actualizada que presente un conjunto de estrategias, acciones y procedimientos que permitan atender los episodios en los que se presenten índices elevados de concentración que excedan significativamente los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas.

Justificación: El Programa a Contingencias Atmosféricas busca proteger a la población, especialmente a los niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares, de episodios de contaminación que puedan afectar su salud. Por lo que es importante homogeneizar los índices de contingencia y pre-contingencia.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
26.1	Desarrollar un convenio de coordinación para actualizar los niveles de aplicación del programa de contingencias atmosféricas.	Municipios SEMADET SEMARNAT	Convenio elaborado.	▣				▣	▣		
26.2	Desarrollar una NAE para establecer las bases de creación y funcionamiento del Índice de Calidad del Aire homologada a la nacional.	SEMADET	Norma técnica ambiental estatal elaborada y publicada.		▣	▣	▣				

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
26.3	Establecer convenios para que los medios de comunicación divulguen la información sobre calidad del aire.	SEMADET	Convenios establecidos. No. de publicaciones de los niveles de contaminación al año en medios de comunicación.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
26.4	Capacitar periódicamente a los integrantes del comité de respuesta al programa de contingencias atmosféricas.	SEMADET COPRISJAL	No. y tipo de cursos impartidos por año. No. de personas capacitadas por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: Municipios, SEMADET, COPRISJAL, SEMARNAT, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La actualización de este programa estará a cargo de la SEMADET y las áreas correspondientes del municipio, la COESPRIS y la SEMARNAT. Paralelamente, SEMADET desarrollará una NAE para establecer las bases de creación y funcionamiento del índice de calidad del aire homologada a la nacional. Estas dependencias serán las encargadas de vigilar el cumplimiento de la aplicación del programa y definirán la estrategia de comunicación que dará a conocer a la población las alertas de activación del programa.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 27. Actualizar el Programa estatal de educación ambiental para el desarrollo sustentable en materia de calidad del aire.

Objetivo: Fomentar la conciencia y cultura ambiental en la población sobre la problemática de la contaminación atmosférica y sus repercusiones a través de la educación ambiental integral que permita la promoción y desarrollo de proyectos y acciones a corto y mediano plazo.

Justificación: Las actuales formas de aprovechamiento de los recursos y la forma en que se realizan las actividades humanas requieren de una visión de sustentabilidad, siendo mediante la educación ambiental como puede darse a conocer, discutir y modificar las formas de entender y de actuar de la sociedad.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
27.1	Definir las necesidades de capacitación en materia de calidad del aire en los diversos niveles de la educación.	SEJ SEMADET	Necesidades de capacitación identificadas.	▣					▣	▣	
27.2	Actualizar el Programa Estatal de Educación Ambiental en materia de calidad del aire.	SEJ SEMADET	Programa Estatal de Educación Ambiental actualizado.	▣						▣	

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
27.3	Capacitar y al magisterio estatal, en materia de calidad del aire.	SEJ SEMADET	No. y tipo de cursos impartidos por año. No. de personas capacitadas por año.	▣	▣		▣		▣		▣
27.4	Establecer convenios de colaboración con la SEP y otras instituciones para influir en la educación informal por medio de programas existentes como: IMJUVE, Escuela Segura, Escuela de Calidad, Parlamento de las Niñas y Niños de México, etc.	SEJ SEMADET	Convenio firmado. Taller elaborado. Personas capacitadas anualmente.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
27.5	Establecer convenios de colaboración con SEMARNAT-CECADESU y los consejos escolares.	SEJ SEMADET	Convenio firmado.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
27.6	Participar con escuelas municipales en el programa de certificación de Escuela Verde.	SEJ SEMADET	No. de escuelas certificadas en el municipio anualmente.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
27.7	Difundir los temas relacionados en materia de calidad del aire en eventos informales (cursos, talleres, foros, días mundiales del medio ambiente).	SEMADET	No. de participaciones en cursos, talleres, foros, etc. anuales que se desarrollan en el año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: Municipios, SEJ, SEMADET, Secretaría de Educación Pública (SEP), SEMARNAT, asociaciones civiles, universidades y centros de educación.

Instrumentación: La SEMADET en conjunto con la SEJ y la SEP, revisarán y actualizarán en materia de calidad de aire el Programa Estatal de Educación Ambiental, definiendo las necesidades de capacitación y adiestramiento del magisterio estatal.

Asímismo, la SEMADET planteará una estrategia de difusión en materia de contaminación del aire en eventos informales y dará seguimiento permanente a sus resultados.Para el fomento de la cultura ambiental se propiciará la participación de la sociedad civil a fin de captar las necesidades y sugerencias de educación y cultura ambiental. Las dependencias involucradas serán las encargadas de vigilar el cumplimiento de la aplicación del programa y deberán estimar los costos de las acciones e incluirlos en sus programas operativos anuales.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 28. Desarrollar las capacidades para generar el pronóstico de la calidad del aire, analizar la dispersión de contaminantes y desarrollar escenarios utilizando herramientas de modelación.

Objetivo: Generar información útil para la gestión de calidad del aire, a través de estudios de modelación de calidad del aire.

Justificación: La modelación es una herramienta que permite analizar y evaluar la dispersión, las reacciones en la atmósfera que dan origen a contaminantes secundarios y elaborar el pronóstico de la calidad del aire. Esto será posible con ayuda de modelos matemáticos que resuelvan las ecuaciones meteorológicas y de transporte. La modelación también servirá para evaluar la eficacia de las medidas implementadas y para elaborar escenarios de intervención que permitan reorientar las acciones para mejorar la calidad del aire.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
28.1	Diseñar un plan estratégico de modelación atmosférica en Jalisco, homologado con la federación.	SEMADET Municipios	Plan estratégico de modelación atmosférica presentado.	▣				▣			
28.2	Elaborar convenios de colaboración para desarrollar las capacidades de modelación y pronóstico de la calidad del aire.	SEMADET	No. de convenios elaborados y firmados.	▣				▣			
28.3	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para crear un área de modelación atmosférica dentro de la SEMADET.	SEMADET	Recursos financieros y humanos asignados por año.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
28.4	Capacitar al personal de SEMADET en la modelación y pronóstico de la calidad del aire.	SEMADET	No. y tipo de cursos impartidos. No. de personas capacitadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
28.5	Adaptar el inventario de emisiones para su uso en modelación de dispersión y calidad del aire.	SEMADET	Inventario adaptado para modelación.			▣			▣		
28.6	Realizar la modelación meteorológica y de dispersión de contaminantes.	SEMADET	Modelación meteorológica y de dispersión desarrolladas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
28.7	Realizar el pronóstico de la calidad del aire.	SEMADET	Modelación de pronóstico desarrollada.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
28.8	Realizar análisis de escenarios de reducción de emisiones y su impacto en la calidad del aire.	SEMADET	Modelación de escenarios realizada.	▣		▣		▣		▣	
28.9	Evaluar la reducción del riesgo para la salud de la población y sus impactos económicos, derivados de los escenarios analizados.	SEMADET COPRISJAL	Evaluación realizada.	▣		▣		▣		▣	
28.10	Publicar periódicamente los resultados de la modelación y pronóstico de la calidad del aire.	SEMADET	Publicación diaria del pronóstico de calidad del aire.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, COESPRIS, SEMARNAT, COFEPRIS, municipios, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET desarrollará en coordinación y con apoyo de la SEMARNAT un programa estratégico de modelación atmosférica homologado que operará de forma permanente dentro de la SEMADET. Asímismo, buscará establecer convenios de cooperación organismos nacionales e internacionales para conseguir financiamiento.

Efectuar la revisión y actualización del inventario de emisiones 2008 y versiones posteriores, adaptando el inventario a datos útiles para modelación. Se coordinará con la SEMARNAT, universidades y centros de investigación de Jalisco para capacitar al personal y analizar la información.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 29. Asegurar el funcionamiento eficiente, confiable y oportuno, así como la ampliación del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ).

Objetivo: Garantizar la generación continua de información meteorológica y de calidad del aire en Jalisco, a través del funcionamiento adecuado de las estaciones de monitoreo de el SIMAJ, así como ampliar la cobertura de la misma a lugares donde sea necesario.

Justificación: En 1995 el Gobierno de Jalisco puso en funcionamiento la Red de Monitoreo. Después de 15 años los equipos han sido operados con tal efectividad que todavía son representativos, sin embargo tecnológicamente los instrumentos de medición y componentes que la integran, requieren ser actualizados dado que actualmente los equipos superaron su vida útil, por lo que resulta prioritaria la renovación total del equipo existente. Adicionalmente, es necesario ampliar la cobertura a lugares donde sea necesario, mediante la instalación de nuevas estaciones de monitoreo y la adquisición de unidades de medición móviles.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
29.1	Realizar un diagnóstico técnico operativo del estado del SIMAJ.	SEMADET	Diagnóstico elaborado.	◘							
29.2	Renovar los equipos analizadores de gases (O_3, NO_2, CO y SO_2) y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) que así lo requieran.	SEMADET	No. de analizadores de gases renovados.	◘							◘
29.3	Adquirir nuevos sensores meteorológicos (WSP, WDR, TMP, RH y Radiación Solar).	SEMADET	No. de sensores meteorológicos adquiridos.	◘	◘						◘

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
29.4	Realizar un diagnóstico del radio de cobertura y contaminantes de el SIMAJ.	SEMADET	Realizar diagnóstico.	▣				▣			
29.5	Ampliar la cobertura de el SIMAJ a lugares donde lo necesiten (adquisición de nuevas estaciones de monitoreo y unidades móviles).	SEMADET	No. de estaciones instaladas.	▣			▣	▣			▣
29.6	Ampliar el número de contaminantes que se miden con el SIMAJ.	SEMADET	No. y tipo de contaminantes que se incluirán en el SIMAJ.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
29.7	Establecer sistemas de aseguramiento y control de calidad para la operación del SIMAJ.	SEMADET	Sistema de calidad establecido.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
29.8	Identificar esquemas de financiamiento para las acciones contempladas.	SEMADET	Esquemas de financiamiento identificados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEMARNAT-INECC, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET gestionará ante la SEMARNAT-INECC la liberación de recursos para renovar totalmente los equipos existentes que integran el SIMAJ, además de ampliar la cobertura de la misma a lugares donde lo necesiten y establecer sistemas de calidad para la operación del SIMAJ.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 30. Establecer el Comité Núcleo para la implementación, seguimiento y evaluación para el ProAire.

Objetivo: Contar con un Comité Núcleo (CN) que sea responsable y de seguimiento a las acciones del ProAire.

Justificación: Para lograr el cumplimiento en las metas y objetivos del Programa, es indispensable definir los mecanismos de evaluación, revisión y seguimiento al desempeño del ProAire a lo largo de los años de su vigencia. El contar con un CN permitirá a los tomadores de decisiones, conocer con certidumbre la efectividad y el grado de cumplimiento de las diferentes líneas de acción establecidas en el programa con lo que se identificarán áreas de oportunidad. Será el principal promotor para la integración del marco jurídico y políticas ambientales a nivel local, regional y federal que permitan el cumplimiento y la continuidad del Programa.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
30.1	Crear el Comité Núcleo (CN) de seguimiento y evaluación.	Municipios SEMADET SEMARNAT	Acta constitutiva firmada.	▣	▣						
30.2	Establecer los procedimientos operativos del CN.	CN	Documento que establece procedimientos.	▣	▣						
30.3	Recopilar información del cumplimiento y avance en las medidas.	CN	Informe presentado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
30.4	Evaluar y reorientar en su caso los objetivos, metas y acciones del programa de acuerdo a los resultados obtenidos.	CN	Medidas y/o acciones reorientadas.	▣			▣			▣	

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
30.5	Enviar un informe anual a SEMARNAT sobre los avances de las medidas y acciones incluidas.	CN	Informes recibidos por SEMARNAT.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
30.6	Difundir los resultados del Programa en todos los sectores de la sociedad.	CN	Resultados del programa publicados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
30.7	Evaluar el impacto del ProAire en emisiones comparando el inventario de inicio del ProAire con el final.	CN	Impacto del ProAire evaluado.								▣
30.8	Evaluar el costo de las medidas del ProAire Jalisco 2014-2020.	CN	Estudio de evaluación de costos del ProAire Jalisco 2014-2020 realizado.								▣
30.9	De manera preventiva evaluar e incorporar poblaciones mayores a 100 mil habitantes que no fueron incluidas en el ProAire Jalisco 2014-2020.	CN	Poblaciones incorporadas al ProAire Jalisco 2014-2020.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores involucrados: SEMARNAT, PROFEPA, Secretaría de Salud (SSA), COFEPRIS, COESPRIS, SSJ, SCT, SEP, SEMADET, Protección Civil, centros de investigación universidades, organizaciones de la sociedad civil, las áreas administrativas del municipio que correspondan de acuerdo al reglamento y cualquier otro que el CN considere necesario.

Instrumentación: La SEMADET y los municipios en coordinación con la SEMARNAT coordinarán y dirigirán la creación y el funcionamiento del CN. Para ello, se contará con el apoyo de los sectores involucrados en los tres niveles de gobierno. Para garantizar la efectividad del CN, se integrarán grupos de trabajo, que permita la más adecuada implementación de las medidas y acciones establecidas. Los responsables de cada grupo de trabajo realizarán el seguimiento de cada una de las medidas acordadas y deberán aplicar los indicadores definidos para cada estrategia.

Él CN convocará a los diversos sectores que participan en la implementación del Programa para establecer grupos de trabajo.Para el buen funcionamiento de éstos, se deberá nombrar un representante de cada instancia involucrada de acuerdo a las medidas consideradas para cada grupo, de manera que participe permanentemente y verifique el cumplimiento de los compromisos adquiridos, así como evaluar, modificar y añadir su contenido de acuerdo a las prioridades que establezca el CN.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
31.1	Identificación de grupos y sitios de acción prioritarios y altamente vulnerables.	SEMADET SSJ	Grupos vulnerables identificados.	▣							
31.2	Desarrollar e implementar una estrategia de comunicación de riesgos de largo plazo.	SEMADET SSJ	Estrategia de comunicación de riesgos implementada.	▣							
31.3	Realizar una campaña para socializar el tema de calidad del aire y los beneficios de prevenir la contaminación.	SEMADET SSJ	Campaña de socialización realizada.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
31.4	Actualizar periódicamente la página Web de calidad del aire.	SEMADET Municipios	Sitio web operando. No. de visitas al sitio Web registradas por año.	▣	▣		▣		▣		▣
31.5	Ampliar las pantallas de información sobre la calidad del aire en el AMG.	SEMADET SSJ	No. de pantallas nuevas instaladas en el AMG.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
31.6	Crear un concurso dirigido a estudiantes de artes gráficas y comunicación, para generar proyectos de difusión de la información en tiempo real/casi real sobre contaminación atmosférica y salud.	Municipios SEMADET	No. de concursos realizados. Ganadores del concurso y nombre de su proyecto.	▣	▣		▣		▣		▣

31.7	Crear campañas de difusión de acciones preventivas para mejorar la calidad del aire en temporada de invierno y estiaje.	SEMADET	Campañas realizadas. No. de personas alcanzadas.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
31.8	Implementar incentivos para medios de comunicación que difundan información sobre la calidad del aire.	SEMADET SSJ	Incentivos implementados.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

EJE ESTRATÉGICO 4. GENERACIÓN Y APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Medida 31. Mejorar y ampliar los esquemas de comunicación a la población sobre la calidad del aire en tiempo real y su importancia.

Objetivo: Mantener informada a los habitantes sobre la calidad del aire, así como de su importancia y los riesgos para la salud pública y las acciones para su prevención y/o mejora.

Justificación: El flujo de la información es básico para que las personas puedan proteger su salud. Por tanto, es necesario que los habitantes conozcan los niveles a los que están expuestos, su periodicidad y su concentración, con la finalidad de que tomen decisiones oportunas para desarrollar sus actividades cotidianas. Para promover una cultura de protección a la salud, que contribuyan a disminuir los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de la población.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

Actores relevantes: Municipios, SEMADET, SSJ, universidades, centros de investigación, asociaciones civiles y comunidad en general.

Instrumentación: La SEMADET y los municipios que integran la región se coordinarán con la SSJ para elaborar a corto plazo una estrategia de comunicación con visión de largo plazo (10 años), el cual deberá considerar el índice de calidad del aire, así mismo, se difundirá a la población a través de medios de comunicación electrónicos e impresos.

La página Web deberá ser interactiva con secciones para la población en general y la más vulnerable (el público infantil y adultos mayores) e incluirá: información básica sobre la calidad del aire de la región, sus impactos sobre la salud de la población, medidas preventivas, así como links a herramientas de comunicación alternativa (como Twitter, Facebook u otros) para alcanzar al público más joven.

El municipio y la SEMADET desarrollarán un concurso dirigido a estudiantes de diseño y comunicación con la finalidad de crear campañas de comunicación originales y actuales. Las dependencias involucradas serán las encargadas de vigilar el cumplimiento de la aplicación del programa y deberán estimar los costos de las acciones e incluirlos en sus programas operativos anuales.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Medida 32. Desarrollar proyectos de investigación científica para conocer la dinámica atmosférica y los mecanismos de formación de contaminantes secundarios en la atmósfera del AMG.

Objetivo: Incrementar el conocimiento sobre la dinámica atmosférica y los mecanismos de formación de O_3 y $PM_{2.5}$, lo que permitirá impulsar acciones más eficientes para el mejoramiento de la calidad del aire.

Justificación: Es necesario mejorar el conocimiento sobre la dinámica atmosférica y los mecanismos de formación de contaminantes secundarios. Este conocimiento permitirá identificar con mayor precisión las fuentes de emisiones atmosféricas y las medidas para reducirlas. También permitirá entender mejor el comportamiento de los contaminantes y sus posibles efectos en la salud pública. Lo anterior se logrará realizando campañas de medición, cuyos resultados complementarán los datos generados por el sistema de monitoreo de calidad del aire y serán utilizados para la aplicación de modelos de dispersión y formación de contaminantes atmosféricos, así como para la determinación de impactos ambientales. Así mismo, servirán de insumos importantes a los tomadores de decisiones de los tres niveles de gobierno, para el diseño de políticas públicas e identificación de medidas que contribuyan a la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos. El proceso completo servirá también para apoyar al desarrollo de las capacidades del personal técnico del gobierno estatal.

Zona de aplicación: Área Metropolitana de Guadalajara.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
32.1	Establecer convenios y un plan de trabajo con el INECC de SEMARNAT, para desarrollar proyectos de investigación específicos en materia de calidad del aire.	SEMADET	Convenios firmados. No. de proyectos desarrollados.	▣							

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
32.2	Determinar concentraciones de ozono en superficie y en el perfil vertical, en diferentes puntos del AMG.	SEMADET INECC	Estudio realizado.	▣							
32.3	Caracterizar compuestos orgánicos tóxicos y precursores de ozono en algunos puntos del AMG.	SEMADET INECC	Estudio realizado.	▣						▣	▣
32.4	Determinar especies químicas en las partículas respirables finas del AMG.	SEMADET INECC	Estudio realizado.	▣						▣	▣
32.5	Evaluar la exposición personal de usuarios de sistemas de transporte público a contaminantes atmosféricos en el AMG.	SEMADET INECC	Estudio realizado.	▣						▣	▣
32.6	Identificar otros temas prioritarios de investigación en materia de calidad del aire en el AMG.	SEMADET INECC CN	Temas prioritarios identificados.	▣	▣			▣			▣
32.7	Otorgar becas permanentes de investigación en materia de calidad del aire a nivel medio superior y superior en el AMG.	SEJ SEMADET	No. de becas otorgadas y nombre del proyecto de investigación.	▣	▣		▣		▣		▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
32.8	Determinar costos e identificar esquemas de financiamiento para las acciones de esta medida.	SEMADET INECC	No. de esquemas de financiamiento identificados.		▣			▣			▣
32.9	Difundir entre la población del AMG los resultados de los estudios.	SEMADET	Campañas de difusión para promover los resultados de los estudios. No. de personas alcanzadas	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SEJ, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de la SEMARNAT, Comité Núcleo, universidades y centros de investigación, asociaciones civiles y comunidad en general.

Instrumentación: SEMADET en coordinación el INECC, universidades y centros de investigación, realizarán campañas de mediciones en campo, con objeto de obtener información para su posterior análisis. Los datos, información y conocimiento generado serán utilizados para la elaboración de escenarios con medidas de control y evaluación de co-beneficios.

La SEMADET, los municipios y la SEJ, fortalecerán las capacidades locales de investigación en calidad del aire, creando una beca para los niveles medio-superior y superior, además de establecer convenios con el INECC y universidades y centros de investigación para el desarrollo de capacidades. La SEMADET y el INECC, en coordinación con el CN, identificarán temas prioritarios que sean objeto de investigación que fortalezca la coordinación con dependencias y sectores involucrados para la determinación de necesidades específicas y prioridades en cuestiones científico-tecnológicas de calidad del aire.

Para garantizar el cumplimiento del objetivo, las dependencias involucradas deberán estimar los costos de las acciones e incluirlos en sus programas operativos anuales.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada		☑				☑		

Medida 33. Actualizar el inventario de emisiones de contaminantes criterio para el Estado de Jalisco y desarrollar el inventario de emisiones de contaminantes tóxicos.

Objetivo: Contar con información confiable y actualizada de las emisiones provenientes de las diversas fuentes de generación.

Justificación: Para tener una gestión de calidad del aire eficaz, es fundamental contar con inventarios de emisiones confiables y actualizados. Con estos inventarios se podrá evaluar la eficacia de las medidas implementadas y reorientar, cuando sea necesario, las líneas de acción de acuerdo al tipo de contaminante y fuente generadora.

Zona de aplicación: Estado de Jalisco.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
33.1	Identificar las áreas de oportunidad de mejora y los nuevos requerimientos para los inventarios de emisiones de Jalisco.	SEMADET	No. de sectores identificados.	◘							
33.2	Establecer convenios de colaboración con las universidades para la actualización de los inventarios de emisiones.	SEMADET	No. de convenios firmados.	◘		◘			◘		

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
33.3	Capacitar periódicamente al personal para realizar la actualización de los inventarios de emisiones, conforme a la metodología establecida.	SEMARNAT SEMADET	No. de capacitaciones realizadas.	◘		◘			◘		
33.4	Proporcionar al gobierno federal el inventario de emisiones de las fuentes de jurisdicción estatal y municipal para su integración en el INEM.	SEMADET	Inventario de emisiones entregado.		◘			◘			◘
33.5	Publicar periódicamente el inventario de emisiones de contaminantes criterio y tóxicos para el Estado de Jalisco.	SEMADET SEMARNAT	Inventarios publicados.	◘		◘			◘		

Actores relevantes: SEMADET, municipios, SEMARNAT, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SEMADET con apoyo de la SEMARNAT, universidades y centros de investigación planeará, actualizará y elaborará cada tres años el inventario de emisiones de contaminantes criterio para Jalisco.

La actualización trianual del inventario de emisiones de contaminantes criterio y tóxicos, se hará de manera coordinada con el Plan del Inventario Nacional de Emisiones de la SEMARNAT.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

EJE ESTRATÉGICO 5. PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN.

Medida 34. Reducir la exposición de la población a partículas por medio de la expansión de la cubierta vegetal en las ciudades.

Objetivo: Incrementar el índice de superficie vegetal por habitante, promoviendo la creación y mantenimiento de áreas verdes incluyendo camellones, parques, parques lineales, azoteas verdes y jardines verticales, así como áreas protegidas.

Justificación: Las áreas verdes juegan un papel importante en mejorar la calidad de vida de la población, por ejemplo, influyen sobre el microclima urbano y forman barreras que contribuyen a disminuir la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos.

Zona de aplicación: AMG y municipios participantes.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
34.1	Actualizar periódicamente el inventario de áreas verdes.	Municipios SEMADET	Inventario de áreas verdes actualizado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
34.2	Desarrollar e implementar programas municipales de forestación, reforestación y conservación de áreas verdes.	Municipios	Programas de conservación de áreas verdes implementados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
34.3	Identificar incentivos y opciones de financiamiento para mantener estos programas.	Municipios	Incentivos identificados. Opciones de financiamiento identificadas.		▣		▣		▣		▣
34.4	Modificar los planes de ordenamiento municipal para establecer criterios mínimos de cobertura y ubicación de áreas verdes y mantenimiento de las mismas en desarrollos inmobiliarios y de servicios.	Municipios SEMADET	Planes de ordenamiento municipal adaptados.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: SEMADET, SIOP y municipios.

Instrumentación: Las direcciones de ecología del AMG y la SEMADET se coordinarán para realizar un inventario de áreas verdes (incluyendo camellones, parques públicos y lineales, azoteas verdes y jardines verticales), definiendo las que se deberán conservar, forestar o reforestar. La SIOP en conjunto con los municipios deberá establecer en desarrollos inmobiliarios y de servicios una superficie mínima del 10% del área total del proyecto para áreas verdes, promoviendo la creación de azoteas verdes y jardines verticales.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑						☑

Medida 35. Desarrollar el Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE) del Estado de Jalisco en materia de calidad del aire.

Objetivo: Elaborar e implementar un programa de vigilancia epidemiológica para generar insumos para evaluar los efectos a la salud de la población derivada de la exposición a contaminantes atmosféricos.

Justificación: Los contaminantes atmosféricos se han asociado como principal causa de problemas en la función pulmonar, las enfermedades respiratorias y el incremento en las enfermedades cardiovasculares. Niveles altos de contaminación atmosférica perjudican directamente a personas que padecen asma y otros tipos de enfermedades pulmonares o cardiacas. Existen pruebas abundantes de que en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos. Por lo antes mencionado es de vital importancia que se establezca y opere de manera continua un sistema de vigilancia epidemiológica.

Mediante programas de vigilancia epidemiológica, es posible conocer y evaluar de manera continua los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los habitantes. Está información es útil para evaluar de una mejor manera la toma de decisiones que coadyuven en la efectividad de la gestión de la calidad del aire en el estado.

Zona de aplicación: Estado de Jalisco.

Cronograma de ejecución

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
35.1	Diseñar el SVE en materia de calidad del aire.	SSJ COPRISJAL	SVE diseñado.	▣							
35.2	Evaluar la posibilidad de unificar con SVE preexistentes en Jalisco.	SSJ COPRISJAL	Resultados de la Evaluación.	▣							
35.3	Implementar el SVE en el estado de Jalisco.	SSJ COPRISJAL	SVE operando.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

ID	ACCIÓNES	RESPONSABLE PRINCIPAL	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
35.4	Operar un sistema de registro de estadísticas de ingresos hospitalarios.	SSJ COPRISJAL	Sistema de registro operando.		▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
35.5	Crear un grupo de trabajo que analice, integre y correlacione las bases de datos de salud pública y calidad del aire.	SSJ COPRISJAL	Grupo de trabajo creado.			▣	▣	▣	▣	▣	▣
35.6	Definir áreas de investigación en salud pública con base en la información de calidad del aire.	SSJ COPRISJAL	Áreas de investigación prioritarias detectadas.			▣	▣	▣	▣	▣	▣
35.7	Implementar un programa para desarrollar la infraestructura de apoyo al SVE y el sector salud en el Estado.	SSJ	Programa de infraestructura presentado.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
35.8	Capacitar periódicamente al personal del Gobierno del Estado y Municipio en temas de salud y vigilancia epidemiológica.	COPRISJAL	Cantidad de personal capacitado a nivel municipal y estatal anualmente.	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣

Actores relevantes: Secretaría de Salud de Jalisco (SSJ), COPRISJAL, SEMADET, universidades y centros de investigación.

Instrumentación: La SSJ se coordinará con la COPRISJAL para diseñar e implementar el SVE en materia de calidad del aire considerando otros sistemas preexistentes en la entidad (Sistema de Vigilancia Epidemiológica de las Adicciones, SISVEA) y su posible unificación. Dentro del mismo, operará un sistema de registro de estadísticas de ingresos hospitalarios y creará grupos de trabajo multidisciplinarios con las universidades y centros de investigación u otros actores relevantes.

Los grupos de trabajo apoyarán a proponer, formular y ejecutar proyectos que servirán como base para la toma de decisiones y que sean encaminados a mostrar la evidencia de los efectos en la salud de la población que habitan las zonas de estudio. La SSJ implementará un programa de fortalecimiento técnico-económico del SVE en materia de calidad del aire.

BENEFICIO EN LA REDUCCIÓN DE LOS GASES Y/O CONTAMINANTES								
Tipo de Contaminantes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	Tóxicos	GEI
Reducción estimada	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

proAire



5

Estrategias de Seguimiento y Financiamiento

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

5.- ESTRATEGIAS DE SEGUIMIENTO Y FINANCIAMIENTO

Para lograr el éxito del Programa para Mejorar la Calidad del Aire Jalisco 2014-2020, es indispensable definir los mecanismos de evaluación y seguimiento. Para ello, se contará con el apoyo de todos los sectores involucrados, entre los cuales se definirán los responsables de llevar a cabo dichas acciones.

Así, se prevé la creación de un Comité Núcleo (**CN**), que se encargará de la supervisión general y cumplimiento de las estrategias del programa. Dicho Comité Núcleo estará coordinado por la SEMADET, y se conformará por representantes de los tres órdenes de gobierno que tienen como mandato el cuidado del medio ambiente y la salud pública.

5.1 FINANCIAMIENTO

Es claro que los beneficios ambientales recibidos de la naturaleza no son gratuitos y que conservarlos tiene un costo, el cual debe asumirse. Los recursos invertidos en la operación de programas, infraestructura y sistemas para la prevención y remediación de la contaminación es lo menos que demanda la naturaleza. No admitir y disponer de esos recursos, tendrá costos cada vez más elevados para la sociedad. Por ello, se plantea la necesidad de atraer financiamientos existentes en los diferentes fondos ambientales para el cumplimiento de las medidas.

La obtención de estos recursos debe basarse en varios principios de equidad ambiental:

- *El que contamina paga el costo de mantener bajo control sus emisiones, así como el de la remediación de los daños que causa,*
- *El que se beneficia de un servicio ambiental debe pagar por el costo de su dotación y;*
- *Quien conserve los recursos e invierta en la conservación ecológica, reconstruyendo el capital de la nación, debe recibir, por ello, un estímulo o una compensación.*

Actualmente en México se conocen diversos esquemas de financiamiento (Fondo para proyectos de prevención de la contaminación, FIPREV entre otros), que permiten el desarrollo de proyectos para el mejoramiento ambiental, y en función de las prioridades que se encuentren en términos de eficiencia energética, mejora tecnológica para la reducción y control de emisiones contaminantes al aire, se deberá buscar el que satisfaga dichas características.

Las principales instituciones internacionales de financiamiento son: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Japonés de Cooperación Internacional (JBIC)[26] y el Banco Mundial (BM), las cuales actualmente cooperan con las autoridades mexicanas apoyando programas y prestando asistencia técnica para la preparación de los proyectos en materia ambiental.

Una de las condicionantes para el uso de estos recursos crediticios es la recuperación de las inversiones. Para aquellos programas ambientales donde no es posible lograr una recuperación total de la inversión requerida para su instrumentación, se debe estudiar la posibilidad de ejecutar una parte del financiamiento mediante donación, esto es posible mediante la realización de estudios de factibilidad.

El Fondo Global Ambiental (*Global Environmet Facility* "GEF")[27] que maneja el BM, aporta recursos para financiar estudios que permiten diseñar acciones de abatimiento de gases de efecto invernadero (GEI) y proyectos que requieren un apoyo económico marginal para darles competitividad en el mercado.

Otro organismo que aporta el dinero necesario para financiar este tipo de estudios y proyectos es la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (*United States Environmental Protection Agency* "USEPA")[28], la cual puede proporcionar recursos económicos en forma directa a través de asociaciones y apoyos con empresas u organismos especializados.

Además, existen varias organizaciones y agencias de desarrollo de países interesados en la cooperación técnica y financiera, como GIZ de Alemania[29], la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (*Japan International Coopeation Agency "JICA"*)[30] de Japón y el Fondo Francés para el Medio Ambiente (FFEM).
.
En la Tabla 22 se muestra un resumen, descripción y condiciones de financiamiento de cada una de las agencias mencionadas.

Tabla 22. Tipos de Financiamiento disponibles

[26]http://www.jbic.go.jp/en/
[27]http://www.thegef.org/gef/
[28]http://www.epa.gov/
[29]http://www.gtz.de/en/index2.htm
[30]http://www.jica.go.jp/english/

TIPO DE FINANCIAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓNANTES DE FINANCIAMIENTO
Fondo para Proyectos de Prevención de la contaminación (FIPREV)	Es un fondo establecido por la Fundación Mexicana para la Innovación y Transferencia de Tecnología en la Pequeña y Mediana Empresa A. C. (FUNTEC) y la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norte América (CCA). Tiene como objetivo apoyar a la pequeña y mediana industria mexicana en la realización de inversiones y transferencia de tecnología, cuyo fin sea la prevención de la contaminación.	Se financiaran proyectos hasta por el 80% de su costo total con un máximo de $120,000 pesos para los estudios de evaluación ambiental y de $300,000 pesos para los proyectos ejecutivos. El plazo de pago se determinará en función de la capacidad de generación de flujo del proyecto con un máximo de 36 meses, incluido el periodo de gracia.
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	El BID ayuda a los países miembros a enfrentar esas exigencias, financiando actividades de mejoramiento de la gestión de las zonas protegidas, la generación de oportunidades de ingresos para las comunidades que dependen de los servicios de los ecosistemas, administrando los recursos costeros y marítimos y apoyando las iniciativas de gestión del cambio climático y de los riesgos de desastre en cuencas hídricas críticas.	-Medir el logro de una intervención específica. -Efectuar el seguimiento del progreso de un proyecto, con especial atención en las medidas aplicadas y su posterior impacto; y además. -Presentar evidencias que expliquen qué funciona y por qué en las intervenciones de desarrollo.
Fondo Ambiental Global (Global Environmet Facility “GEF”)	Fue creado en 1990 para canalizar financiamientos con el fin de enfrentar los llamados "problemas ambientales globales": el del cambio climático, la destrucción de biodiversidad, el agujero en la capa de ozono y la contaminación de aguas internacionales. Se trata de un fondo provisional, en cuyo manejo intervienen tres agencias: el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), responsable de la asesoría técnica, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que	-Por regla general, los proyectos impulsados por el GEF son de gran escala. -El financiamiento se dedica exclusivamente al costo suplementario de las medidas para alcanzar beneficios medioambientales mundiales. -El proyecto debe de ser aprobado por el Gobierno del país que se aplicará. -Cada país beneficiario para el GEF tiene un punto focal operativo encargado

	proporciona apoyo científico, y el Banco Mundial, responsable de los proyectos de inversión y la administración del Fondo. Este último es, en los hechos, quien ha controlado al Fondo.	de transmitir los proyectos al consejo del GEF.
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)	Es un organismo ejecutor de la Cooperación Técnica del Gobierno del Japón, establecida en 1974 con el propósito de contribuir al desarrollo socioeconómico de los países en vías de desarrollo, y así coadyuvar al fomento de la cooperación internacional. Actualmente JICA cuenta con aproximadamente unos cien (100) expertos y voluntarios que están apoyando a distintas organizaciones mexicanas, así como también casi doscientos mexicanos visitan Japón para participar en cursos de capacitación técnica.	Para conocer las condiciones de financiamiento y cooperación es necesario ponerse en contacto con la agencia.
GIZ de Alemania	La participación de la GIZ en México se centra en la energía sustentable (energías renovables y eficiencia energética) además de la gestión urbano – industrial (residuos sólidos y suelos contaminados. Próximamente la cooperación se desarrollara especialmente en el manejo del agua.	Para conocer las condiciones de financiamiento y cooperación es necesario ponerse en contacto con la agencia.
Fondo Francés para el Medio Ambiente (FFEM)	El FFEM contribuye al financiamiento de proyectos de desarrollo que tienen un impacto sustentable en los ámbitos del medio ambiente mundial: la biodiversidad, el efecto de invernadero, las aguas internacionales, la degradación de las tierras y la desertización, los contaminantes orgánicos persistentes. Se establece un marco de programación estratégico cada 2	-Tener un impacto significativo en el medio ambiente mundial. -Contribuir al desarrollo económico y social del país y las poblaciones beneficiarias. -Ser innovador y crear un efecto concluyente y reproductible, -Presentar una perpetuidad social, institucional y económica después del proyecto.

	años con el fin de presentar las orientaciones establecidas por el Comité de control en términos de principios, ámbitos prioritarios, áreas geográficas, socios preferentes, organización, criterios, métodos o tecnologías que deben favorecerse.	-Ser implementado por un organismo eficiente. -Financiarse mayoritariamente por otros proveedores de fondos (incluso locales), el FFEM aporta un financiamiento complementario. -Ser coherente con las prioridades de la política de cooperación y desarrollo francés.
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA)	Su objetivo es la de proteger la salud de los humanos y la del medio ambiente. Desde 1970, la USEPA ha estado trabajando por un ambiente más limpio, más saludable, para el pueblo estadounidense. Le recomendamos ver el plan estratégico completo de la agencia, el informe anual y recursos de política pública. En años recientes, entre el 40 y el 50 por ciento de los presupuestos decretados han brindado apoyo directo a través de subvenciones para programas ambientales en los estados. Los fondos concesionarios de la USEPA a los estados, instituciones sin fIne de lucro y educacionales, respaldan las investigaciones de alta calidad que mejorará las bases científicas para decisiones sobre asuntos del medio ambiente nacional y ayudan a la USEPA a lograr sus metas.	Para conocer las condiciones de financiamiento y cooperación es necesario ponerse en contacto con la agencia.

5.2 ESQUEMAS LOCALES DE FORTALECIMIENTO FINANCIERO

Los gobiernos locales deben fortalecer los fondos de financiamiento que tienen creados como un instrumento económico auxiliar, para la elaboración y ejecución de la política ambiental y de desarrollo sustentable.

El objetivo consiste en la captación de recursos, tanto públicos como privados, así como la administración de los mismos para financiar proyectos de gestión ambiental.

Los fondos de los gobiernos locales podrían alimentarse con los recursos financieros que destinen de su propio presupuesto de egresos, con los productos o rendimientos de las inversiones y reinversiones que se realicen con los recursos, aportaciones que realicen personas, físicas o morales, nacionales o extranjeras, privadas o públicas; en el caso de que su legislación lo prevea, de los pagos que un juez dictamine con motivo de indemnización por daños al ambiente; de las aportaciones provenientes de recursos crediticios o no reembolsables de organismos internacionales, que se obtengan para el mejoramiento ambiental y el desarrollo sustentable, y de bonos que aporten las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal relacionadas con la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, con el fin de mejorar la salud de la población. Al ser un mecanismo flexible que permite la incorporación de recursos privados, se podrán obtener recursos que comprometan diversos sectores distintos al gobierno y que apoyen algunas de las medidas contenidas en el ProAire.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cesar, H.; Borja, V. H.; Cicero, P., et al (2001) *Módulo A, Valoración Económica del Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Ed. Acuario, Pág. 23-24. México, D. F.
- Consejo Estatal de Población. COEPO (2009). *Información del sector terciario en Jalisco*. Integrado por el Instituto con base en INEGI, ENOE, IV trimestre 2009.Jalisco.
- Comisión Estatal de Población COEPO, (2010). Disponible en: http://coepo.jalisco.gob.mx/index.html consultado en febrero 2011
- Comisión Nacional Forestal (2010). *Estadísticas de incendios forestales en Jalisco*. Jalisco.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*.. 197 pp. México, D.F.
- Consejo Regulador del Tequila. (2009). Economía: Estadísticas. Disponible en http://www.crt.org.mx/
- Crandell, (1984). *Source-book for Volcanic Zonation*. UNESCO, 97 pp. New York.
- Davidova Velitskaya Valentina (1998). *Cuentas Atmosféricas del Estado de Jalisco*. Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara (IAM), 1998.Jalisco
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. (2014). *Principales Ecosistemas de Jalisco*. Disponible en: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM14jalisco/mediofisico.html
- Gobierno de la república, *Sistema Producto Azúcar. (2009*). Disponible en http://www.azucar.gob.mx/
- Gobierno del Estado de Jalisco (2006). *Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco, Última Reforma del Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco*, Periódico Oficial “El Estado de Jalisco” el 27 de Julio de 2006.
- Gobierno del Estado de Jalisco.(2010) *Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030.*
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, *Red de Monitoreo Jalisco,* Disponible en: http://sinaica.ine.gob.mx/rama_guadalajara.html. Consultado en febrero 2011.

- InstitutoNacional de Estadística Geografía e Informática.(2012) *Conjuntos de datos Vectoriales de Climas, Temperaturas Medias Anuales y Precipitación Total Anual*. Serie I. Escala 1:1 000 000. Jalisco.
- IntitutoNacional de Estadística Geografía e Informática, (2011). *Uso del suelo y vegetación*. Periodo de observación de 2002 a 2005.
- IntitutoNacional de Estadística Geografía e Informática (2010a). *Producto Interno Bruto a precios de 2003*. México.
- IntitutoNacional de Estadística Geografía e Informática (2010b).*Sector terciario, Censos Nacionales.* México
- Instituto de Información estadística y Geográfica IIEG (2008) *Panorama demográfico de Jalisco*. 188pp. México
- Instituto de Información estadística y Geográfica IIEG, (2011). *Jalisco en Cifras. Una visión desde los resultados del Censo de Población 2010 y desde los programas públicos*.
- Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco IITEJ (2009). *Atlas de Carreteras y Caminos del Estado de Jalisco* (ACCEJ) 2009,. Guadalajara, Jalisco.
- Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-043-SEMARNAT-1994, NOM-045-SEMARNAT-2006, NOM-047-SEMARNAT-1999, NOM-050-SEMARNAT-1993 y NOM-085-SEMARNAT-1994.
- Gobierno del Estado de Jalisco (2010). *Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030,* Segunda Edición, 634 pp. Jalisco, México, septiembre de 2010.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT(2005). *Guía de elaboración y usos del inventario de emisiones*, , Instituto Nacional de Ecología, Western Governors Association. Mayo 2005.México.Gobierno del Estado de Jalisco (2014) *Plan Estatal de Desarrollo. Programa sectorial: Entorno y vida saludable*. Desarrollo Territorial y Urbano.
- Organización Mundial de la Salud (2014). *Calidad del aire exterior y salud.* Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/ Consutlado en: febrero 2014.
- Organismo Coordinador de la Operación Integral del Servicio de Transporte Público (2010). *Capacidades viales y congestionamiento. Gobierno del Estado de Jalisco*
- Radian International (1997). *Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México*. Sacramento, CA.
- Secretaría de comunicaciónes y Transportes, (2007). *Anuario Estadístico 2007*,. 213 pp. México, D.F.

- Secretaría de comunicaciónes y Transportes(2008). *Principales estadísticas del sector comunicaciones y transportes 2008*.. 52 pp. México, D.F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2011). *Inventario de ladrilleras, 2010*. Calidad del Aire.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2014). *Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco* Disponible en: http://siga.jalisco.gob.mx/aire.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (2014*). Flota vehicular verificada, Dirección de regulación de emisiones vehiculares*. Programa de Verificación Vehicular del Estado de Jalisco.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Unidad del Servicio Meteorológico Nacional(2010). *Precipitación anual en Jalisco (periodo 2002 – 2009).*

  Secretaría de Desarrollo Ssocial SEDESOL, 2008. *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005*. Segunda edición: noviembre de 2008, Secretaría de Desarrollo Social. 62 pp. México D.F.
- Secretaría de Energía (2008). *Prospectiva del mercado de gas natural 2008-2017*, Secretaría de Energía. 188 pp. México D.F.
- Secretaría de Planeación Administración y Finanzas (2012). *Flota vehicular registrada en Jalisco*. Transparencia.

GLOSARIO

Aterosclerosis: Endurecimiento más o menos generalizado de las arterias.

Aseguramiento y control de calidad de los datos de calidad del aire: El aseguramiento de la calidad se define como aquellos planes, especificaciones y políticas empleados para asegurar que el programa de medición puede ser cuantificable y producir datos de calidad conocida. El control de calidad se define como el uso rutinario de procedimientos diseñados para alcanzar y mantener un nivel específico de calidad en los sistemas de medición.

Calibración: Acción que permite ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con los valores de la magnitud que ha de medir.

Calidad de los datos: Los atributos de precisión y exactitud, comparabilidad, suficiencia (o compleción) y representatividad espacial que deben tener los datos para que se puedan utilizar en la toma de decisiones.

Combustibles fósiles líquidos y gaseosos: Los combustibles fósiles o gaseosos son el gas natural y los derivados del petróleo tales como: gasolinas, turbosina, diesel, combustóleo, gasóleo y gas L.P.

Contaminante Criterio: Los contaminantes criterio son aquellos considerados como de mayor impacto en la salud humana y para los cuales se cuenta con normatividad especifica, en donde se establecen límites permisibles, los cuales son referidos como concentraciones sobre cierto periodo de tiempo y que se consideran aceptables de acuerdo a sus efectos sobre la salud humana. El monitoreo de estos contaminantes permite determinar el comportamiento de la calidad del aire. Los contaminantes criterio son: partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2).

Datos validados: Aquellos datos que han sido sometidos a un proceso de validación por los responsables de las redes de monitoreo, de manera que puedan ser utilizados en la generación de indicadores de la calidad del aire.

Diámetro aerodinámico: El diámetro aerodinámico es el diámetro de una partícula esférica que tiene la misma velocidad de sedimentación que otra partícula independientemente de su forma, tamaño o densidad.

Discontinuidad Fisiográfica: Es una área enclavada dentro de una provincia fisiográfica, cuyo origen y morfología no corresponden a la misma y que cumple los requisitos para construir en sí una provincia fisiográfica aparte.

Pero que no puede ser considerada como tal por no tener la extensión ni la diferenciación internas suficientes para poder ser dividida en subprovincias.

Estudios epidemiológicos: Estudios que se basan en la incidencia de enfermedades en poblaciones humanas para evaluar la relación estadística entre exposición y cambios en la salud, relación proveniente del análisis de datos de una comunidad en general o de un grupo enfermo.

Estudios toxicológicos: Estudios que proporcionan evidencia científica sobre los efectos nocivos o dañinos de las sustancias sobre seres humanos u otros organismos.

Exposición: La magnitud y la frecuencia con la que un organismo vivo entra en contacto con un agente químico, físico o biológico.

Incidencia: El número de casos nuevos de una enfermedad que se presenta en una población específica en un periodo determinado.

Manejo de los datos: Consiste en el uso de los datos de la calidad de aire en procedimientos exploratorios y de cálculo con el fin de generar valores representativos y confiables que indiquen el estado de la calidad del aire.

Material pétreo: material de naturaleza semejante a los componentes del terreno, tales como: rocas o productos de descomposición, arena, grava, tepetate, tezontle, arcilla, o cualquier otro material derivado de las rocas que sea susceptible de ser utilizado como material de construcción, como agregado para la fabricación de éstos o como elemento de ornamentación.

Provincia fisiográfica: Unidades morfológicas superficiales de características distintivas; de origen y morfología propios. Una región se considera provincia fisiográfica cuando cumple las siguientes condiciones:

- *Origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área.*
- *Morfología propia y distintiva.*
- *Litología distintiva.*

Subprovincia Fisiográfica: Resulta de la primera subdivisión que puede hacerse de una provincia fisiográfica cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- *Como parte integral de la provincia fisiográfica, cumple las condiciones arriba fijadas para provincia;*
- *Las geoformas que la integran son las típicas de la provincia, pero su frecuencia, magnitud o variación morfológica son apreciablemente diferentes a las dadas en el resto de la provincia, o bien;*
- *Presenta en forma predominante las geoformas típicas para la provincia en general, pero ahora asociadas con otras diferentes y que le son distintivas por no aparecer en forma importante en el resto de la misma provincia.*

Trazabilidad: La propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de la medición.

Trazas de calentamiento: Los sistemas de calentamiento por medio de trazas eléctricas tienen la finalidad de incrementar o mantener la temperatura -por requerimientos del proceso o por razones de mantenimiento- del contenido de tuberías, bombas, válvulas, instrumentos, recipientes y equipos.

Validación de los datos: Proceso que consiste en tres etapas secuenciales: la limpieza, la verificación y la confirmación de los datos, para corroborar que las mediciones registradas en las estaciones de monitoreo sean representativas de las condiciones reales.

Verificación de los datos: Es el paso intermedio del proceso de validación de los datos, que comprende la revisión de los datos limpios y la asignación de banderas en aquellas situaciones que modifiquen la integridad de los datos medidos.

ANEXO A.- NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Normas de calidad del aire ambiente vigentes en México.

Contaminante	Norma	Valores de Concentración Máxima		
		Exposición aguda		Exposición crónica
		Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio
O_3	NOM-020-SSAI-2014	0.095 ppm (1 hora)		
		0.07 ppm (8 horas)	1 vez al año	
CO	NOM-021-SSAI-1993.	11.0 ppm (8 horas)	1 vez al año	NA
SO_2	NOM-022-SSAI-2010	0.110 ppm (24 horas)	1 vez al año	0.025 ppm (media aritmética anual)
		0.200 ppm (1 hora)	2 veces al año	NA
NO_2	NOM-023-SSAI-1993	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	NA
PM_{10}	NOM-025-SSAI-2014.	75 µg/m^3 (24 horas)	2% de las mediciones de 24 horas al año	40 µg/m^3 (media aritmética anual)
$PM_{2.5}$		45 µg/m^3 (24 horas)	2% de las mediciones de 24 horas al año	12 µg/m^3 (media aritmética anual)

Fuente: Valores publicados en el Diario Oficial de la Federación.

Notas:

- ppm: partes por millón.
- µg/m^3: microgramos por metro cúbico.
- NA: No aplica.

Normas en materia de emisiones de Fuentes Móviles.

NOM-041-SEMARNAT-2006	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
NOM-042-SEMARNAT-2003	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no CH_4, CO, NO_X y PM provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, GLP, GN y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.
NOM-044-SEMARNAT-2006	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de HC, CO, NO_X, partículas suspendidas totales y opacidad de humo proveniente del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 Kg.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.
NOM-047-SEMARNAT-2014	Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.
NOM-048-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de HC, CO y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.
NOM-049-ECOL-1993	Características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.
NOM-050-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

NOM-076-SEMARNAT-2012	Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta. (Acuerdo D.O.F. 29-DICIEMBRE-2003).

Fuente: Diario Oficial de la Federación.

Normas en materia de emisiones de Fuentes Fijas.

NOM-039-SEMARNAT-1993	Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico.
NOM-040-SEMARNAT-2002	Establece los niveles máximos de emisión a la atmósfera en los procesos de fabricación de cemento hidráulico.
NOM-043-SEMARNAT-1993	Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
NOM-046-SEMARNAT-1993	Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecilbencensulfónico en fuentes fijas.
NOM-085-SEMARNAT-2011	Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
NOM-097-SEMARNAT-1995	Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país.
NOM-105-SEMARNAT-1996	Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.
NOM-121-SEMARNAT -1997	Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones.
NOM-123-SEMARNAT -1998	Contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del

	contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos. (Aclaración D.O.F. 29-SEPTIEMBRE-1999).
NOM-137-SEMARNAT-2013	Contaminación atmosférica.- Complejos procesadores de gas.- Control de emisiones de compuestos de azufre.
NOM-148-SEMARNAT-2006	Contaminación atmosférica - recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación de petróleo.
NOM-166-SEMARNAT-2014	Control de emisiones atmosféricas en la fundición secundaria de plomo.

Fuente: Diario Oficial de la Federación.

ANEXO B.- DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES MÓVILES

El inventario de emisiones de fuentes móviles, requiere clasificar la flota vehicular existente para estimar sus emisiones. Para esto se consideran el peso vehicular, el tipo de combustible, el uso del vehículo, la marca y submarca. Esta información permite identificar técnicamente los diferentes tipos de vehículos y con base en esto se estiman las emisiones de contaminantes, como resultado de esta estandarización los vehículos se agrupan inicialmente con base en su peso, tipo de combustible y finalmente por el uso del vehículo, esta información se estandariza al utilizar el modelo Mobile 6. Para estimar las emisiones se emplea un modelo desarrollado por la USEPA, conocido como Mobile 6.2 adaptado para México (Mobile 6.2 México); este modelo agrupa los diversos tipos de vehículos en un total 28 categorías vehiculares. Para hacer más comprensible la clasificación vehicular del Mobile 6.2 México, los vehículos registrados en esta región se han agrupado en 10 subcategorías de vehículos a gasolina y diesel, tanto de uso privado como para transporte público de pasajeros y de carga, como se observa en la siguiente tabla, en la que se muestra las equivalencias entre la clasificación de Mobile 6.2 México y las subcategorías del inventario.

Correspondencia entre las clasificación de Mobile 6.2 México y las subcategorías del inventario de emisiones.

VEHÍCULOS QUE CIRCULAN EN MÉXICO	CATEGORÍAS DEL MOBILE6 MÉXICO	
	Gasolina	Diesel
Autos particulares (tipo sedán)	LDGV	LDDV
Taxis (tipo sedán)	LDGV	
Camionetas de transporte público de pasajeros	LDGT1	
Microbús	HDGV3	HDDV3
Pick-up	LDGT1 LDGT2	LDDT1 LDDT2
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	LDGT3	LDDT3
Tractocamiones	HDGV8b	HDDV8b
Autobuses de transporte urbano	HDBT	HDDT
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	HDG2B HDGV3 HDGV6 HDGV7 HDGV8A	HDDV2B HDDV3 HDDV6 HDDV7 HDDV8A
Motocicletas	MC	

Descripción de los vehículos incluidos en la clasificación de Mobile 6.2 México y en las subcategorías del inventario de emisiones.

Tipo de vehículo	Descripción	Ejemplos
LDGV y LDDV	Autos particulares Taxis (tipo sedán) Vehículos ligeros a gasolina y diesel (autos de pasajeros, tipo sedán exclusivamente) PBV[1] de 0 a 2,722 kg	 
LDGT1 y LDDT1	Combis (camiones ligeros de servicio público de pasajeros) Pick_up Camiones ligeros 1 a gasolina y diesel (PBV[1] de 0 a 2,722 kg; PP[2] de 0 a 1,701 kg)	 
LDGT2 y LDDT2	Pick_up Camiones ligeros 2 a gasolina y diesel (PBV[1]de 0 a 2,722 kg; PP[2] > 1,701 a 2,608 kg)	
LDGT3 y LDDT3	Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluyen SUV) Camiones ligeros 3 a gasolina y diesel (PBV[1] > 2,722 a 3,856 kg; PPA[3] de 0 a 2,608 kg)	 
LDGT4 y LDDT4	Camiones ligeros 4a gasolina y diesel (PBV[1] > 2,722 a 3,856 kg; PPA[3] de 2,609 kg y mayores)	No se comercializan en México

HDGV2b y HDDV 2b	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 2b (PBV[1] > 3,856 a 4,536 kg)	
HDGV3 y HDDV3	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas (Microbuses) Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 3 (PBV[1] > 4,536 a 6,350 kg)	 
HDGV4 y HDDV4	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 4 (PBV[1] > 6,350 a 7,258 kg)	
HDGV5 y HDDV5	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 5 (PBV[1] > 7,258 a 8,845 kg)	
HDGV6 y HDDV6	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 6 (PBV[1] > 8,845 a 11,794 kg)	
HDGV7 y HDDV7	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 7 (PBV[1] > 11,794 a 14,969 kg)	
HDV8a y HDDV8a	Vehículos privados y comerciales con peso >3 toneladas Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 8a (PBV[1] > 14,969 a 27,216 kg)	

HDV8B y HDDV8b	Tractocamiones Vehículos pesados a gasolina y diesel clase 8b (PBV[1] > 27,216 kg)	
MC	Motocicletas (a gasolina)	
HDGB	Autobuses a gasolina (escolar y transporte urbano e inter-urbano)	
HDDBT	Autobuses de transporte urbano e inter-urbano a diesel	
HDDBs	Autobús escolar a diesel (utilizado para transporte escolar)	

Fuente: DGGCARETC.

Notas:

- PEV (GVWR por sus siglas en inglés) = Peso Bruto Vehicular (es el peso máximo de un vehículo, incluyendo; el peso del vehículo vacío sumado al de su máxima capacidad de carga, con el tanque de combustible lleno a su capacidad nominal).
- PP (LVW por sus siglas en inglés) = Peso de Prueba (es el peso total de carga recomendado para un vehículo)
- PPA (ALVW por sus siglas en inglés) = Peso de Prueba Alternativo (es el promedio del peso del vehículo y el peso bruto vehicular).

ANEXO C.- MEMORIA DE CÁLCULO

Tomando como base la metodología empleada en el desarrollo del INEM 2005, se proyectaron las emisiones que se esperarían en esta zona para el año 2020, sin considerar la mitigación de emisiones debido a la instrumentación de medidas de control de emisiones. Las premisas básicas utilizadas para realizar las proyecciones fueron las tendencias del crecimiento poblacional, vehicular y del consumo de combustibles.

CRECIMIENTO POBLACIÓNAL

Desde la perspectiva a largo plazo se estima que para el año del 2030 la población de Jalisco podría alcanzar 7.8 millones de habitantes, y de mantenerse las tendencias actuales, la concentración de la población en la Región Centro se acentuará como la más habitada (COEPO, 2011). El municipio que se proyecta como el más poblado para los años venideros es Zapopan, seguido de Guadalajara. De la misma forma se estima que en 2020 los Municipios de Tlajomulco de Zúñiga e Ixtlahuacán de los Membrillos rebasará en participación de población a la de Tonalá, lo que nos indica que el crecimiento se dirigirá hacia la zona poniente de la Zona Metropolitana (COEPO, 2011). En la siguiente tabla se muestran las proyecciones de la población al año 2020, las cuales se calcularon en base al crecimiento relativo de la población.

Estimación de la población en 2020.

Municipio	Censo 2010	Crecimiento relativo 2005-2010	Población Proyectada al 2020
Guadalajara	1,495,189	-105,751	1,283,687.00
Zapopan	1,243,756	87,966	1,419,688.00
Tlaquepaque	608,114	45,108	698,330.00
Tonalá	478,689	69,960	618,609.00
Tlajomulco de Zúñiga	416,626	195,996	808,618.00
Salto, El	138,226	26,790	191,806.00
Ixtlahuacán de los Membrillos	41,060	17,640	76,340.00

Fuente: Elaborado por el Consejo Estatal de Población con base en INEGI; XI, Censo General de Población y Vivienda, II Conteo de Población y Vivienda 2005 y Censo de Población y Vivienda, 2010.

CRECIMIENTO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO

De acuerdo con el Consejo Económico y Social del Estado de Jalisco (CESJAL), en una visión general sobre el papel de Jalisco dentro del PIB nacional, se aprecia una tendencia a la baja.

En el año 2000, el Estado aportaba 5.9% de la riqueza nacional y en 2007 disminuyó a 5.7%. La construcción es el sector en el que más violentamente ha caído la producción de Jalisco respecto a la nacional. En 2000 este sector representaba 6.9% mientras que en 2007 sólo aportó 4.9%.

Por otro lado las actividades del sector agropecuario, ganadero, pesca y caza así como el transporte, almacenaje y comunicaciones, incrementaron su participación al PIB estatal.

Participación de Jalisco en el PIB nacional por sector.

Periodo	Total	1	2	3	4	5	6	7
2000	5.9	8.4	1.8	6.7	6.9	2.5	7.7	6.6
2001	6.0	9.2	1.5	6.7	5.9	2.5	7.8	6.8
2002	5.9	9.5	1.6	6.6	5.5	2.4	7.8	6.8
2003	5.8	9.0	1.5	6.5	5.0	2.1	7.6	6.8
2004	5.9	9.2	1.7	6.5	5.8	2.0	7.6	6.7
2005	5.9	9.2	1.7	6.5	5.8	2.0	7.6	6.7
2006	5.8	9.0	1.7	6.1	5.1	2.0	7.6	6.8
2007	5.7	8.9	1.7	6.0	4.9	1.9	7.6	6.8
Promedio	5.9	9.1	1.7	6.5	5.6	2.2	7.7	6.8

1. Agropecuario, silvicultura y pesca, 2. Minería, 3. Industria manufacturera, 4. Construcción, 5. Electricidad, Gas y Agua, 6. Comercio, restaurantes y hoteles, 7. Transporte, almacenamiento y comunicación.

En la siguiente tabla se presenta la proyección al 2020 de la participación de Jalisco en el PIB nacional, calculadas a través de líneas de tendencia de cada uno de los diferentes sectores.

Proyección del Producto interno bruto.

Giro Industrial	2005	2006	2007	PIB 2020
Promedio nacional.	5.90	5.8	5.7	5.41
Industria minera.	1.70	1.7	1.7	1.80
Industria agropecuaria, silvicultura y pesca.	9.20	90	8.9	9.38
Industria manufactura.	6.50	6.1	6.0	4.94

PROYECCIÓNES DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES

Debido al aumento previsto en la población, el dinamismo de la economía y las tendencias históricas del consumo de combustibles de las zonas de estudio, se puede suponer que se espera un crecimiento importante de combustibles para el año 2020.

Para calcular la demanda de los combustibles en las zonas de estudio para el año 2020, se tomaron como base el consumo del año 2005, asumiendo una tasa de crecimiento anual constante, proporcional al aumento de la población, para el caso del consumo de GLP y al incremento en la flota vehicular, para el caso del consumo de la gasolina y diesel. Los consumos para el año 2020, se muestran en las siguientes tablas.

Consumo de GLP en 2020.

Municipios	Crecimiento Relativo (2005 - 2010)[a]	Combustible de GLP en 2020 [b]
Guadalajara	-6.606	278,551.82
Zapopan	7.611	288,868.94
Tlaquepaque	8.012	133,218.65
Tonalá	17.116	122,895.20
Tlajomulco de Zúñiga	88.835	407,662.71
Salto, El	24.041	43,960.15
Ixtlahuacán de los Membrillos	75.320	141,728.45

a) INEGI, Resultados definitivos del Conteo de Población y Vivienda, 2010.
b) Con base en información de la Secretaría de Energía. *Balance Nacional de Energía- 2005.*

Proyección de Consumo de gasolina y diesel en 2020.

Litros por año	Tipo de combustible
1,676,743,704.53	PEMEX MAGNA
368,344,016.93	PEMEX PREMIUM
968087139.7	PEMEX DIESEL

Fuente: Con base en información de PEMEX- 2006.

ESTIMACIÓNES DE EMISIONES POR SECTOR

FUENTES DE ÁREA

Para el cálculo de las emisiones de las fuentes de área en el 2020, se recalcularon las emisiones considerando la población de las zonas de estudio en 2020, el consumo de las gasolinas y el porcentaje de distribución al 2020, el incremento del consumo de gas natural, el aumento en el consumo de diesel desulfurado y el incremento de gas LP.

La memoria de cálculo para la estimación de emisión de estas fuentes se muestra a continuación. En los casos en que la proyección de la actividad de las categorías resultaba complicada o impredecible, como los incendios forestales, se asumió que no se producen cambios en sus emisiones.

MEMORIA DE CÁLCULO

COMBUSTIÓN EN FUENTES ESTACIÓNARIAS

- **Combustión doméstica (GLP).**

Fracción COV: Para combustión doméstica, las emisiones de COV constituyen el 98.4% de las emisiones de HCT.

Emisión $_{(i)}$ = C x FE $_{(i)}$
Dónde:

Emisión $_{(i)}$ = Emisión de contaminante (i) (Toneladas/año)
C = Cantidad de combustible quemado (m^3/año)
FE $_{(i)}$ = Factor de emisión del contaminante (i).

Factores de emisión por combustión doméstica de gas LP.

Fuente de emisión	Factor de emisión (Kg/m^3 gas LP)
Monóxido de carbono (CO)	**0.238**
Óxidos de nitrógeno (NO_X)	**1.728**
Dióxido de azufre (SO_2)	**0.0246**
Partículas menores a 10 micras (PM10)	**0.053**
Hidrocarburos totales (HCT)	**0.065**

Fuente: AirChief V.9.0. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Fifth edition. Stationary Point and Area Sources, Liquefied Petroleum Gas Combustion, Table 1.5-1.

USO DE SOLVENTES

- **Aplicación de asfalto.**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen 100% de las emisiones de HCT.
Emisiones de HCT **= (Población) x (Factor de Emisión)**

Factor de emisión de COV = 0.014 kg/ persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Artes gráficas.**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen 100% de las emisiones de HCT.
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 0.59 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Limpieza de superficies en la industria (desengrasado).**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen el 100% de las emisiones de HCT para los solventes de petróleo, y 0% de COV para los solventes sintéticos. Si sólo se conoce la cantidad total de solventes limpiadores de superficies, se puede asumir que las emisiones COV constituyen el 60% de los HCT (U.S. EPA, 1991).
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 3.27 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Lavado en seco (tintorerías).**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen el 100% de las emisiones de HCT para los solventes de petróleo, y 0% de COV para los solventes sintéticos. Si sólo se conoce la cantidad total de solventes utilizada para el lavado en seco, se puede asumir que las emisiones COV constituyen el 58% de los HCT (U.S. EPA, 1991).
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 0.86 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Pintado de carrocerías.**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen 98.8% de las emisiones de HCT.
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de COT = 0.14 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Pintura de tráfico.**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen 98.8% de las emisiones de HCT.
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 0.04 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Recubrimiento de superficies arquitectónicas.**

Fracción COV. Las emisiones COV constituyen 94.5% de las emisiones de HCT para los recubrimientos base agua, 96.8% para recubrimientos base aceite, y 69.9% para solventes adelgazadote y limpiadores.
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 1.36 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Recubrimiento de superficies en la industria.**

.
Fracción COV. Las emisiones COV constituyen 98.8% de las emisiones de HCT.
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 1.28 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Uso comercial y doméstico de solventes.**

Fracción COV: Las emisiones COV constituyen 69% de las emisiones de HCT.
Emisiones de HCT = (Población) x (Factor de Emisión)

Factor de emisión de HCT = 4.58 kg/persona/año	**Radian Internacional, 1997.**

- **Panificadoras.**

Emisiones de HCT = (Consumo de pan) x (Factor de Emisión)

Consumo de pan por habitante = 25 kg/persona-ano	**(Puratos, 2004)**
Factor de emisiones de COV – 5 kg COV/Mg de pan	**(EIIP, 1999)**

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO

- **Distribución de gas licuado de petróleo.**

Fracción COV. Las emisiones de COV constituyen el 98.4% de las emisiones totales de HCT.
E = FE x C
Dónde:

E = Emisión de HCT (Toneladas/año)
FE = Factor de emisión (Kg. De HCT/Tonelada de gas LP)
C = Consumo de gas LP (Toneladas/año)

Fuente de emisión	Factor de emisión (kg. HCT/ton gas LP)	Fuente
Almacenamiento de gas LP		
Carga de autotanques	0.471	**IMP, 2000.**
Descarga de semiremolques	0.179	**IMP, 2000.**
Llenado de recipientes portátiles	0.564	**IMP, 2000.**
Distribución de gas LP		
Estaciones de servicio	8.356	**IMP, 2000.**
Tanques estacionarios	0.474	**IMP, 2000.**
Venta de tanques portátiles	**0.00086**	**IMP, 2000.**

- **Distribución y transporte de gasolina.**

Fracción COV. Las emisiones de COV constituyen el 100% de las emisiones totales de HCT por distribución y almacenamiento de gasolina. Para el diesel las emisiones totales de COV representan el 85% de las emisiones totales de los HCT.

$E_{(i)} = FE_{(i)} * C$
Dónde:

$E_{(i)}$ = Emisiones totales de la actividad (i)
$FE_{(i)}$ = Factor de emisión de la actividad (i)
C = Cantidad de combustible distribuido (litros/año)

Factores de emisión para la distribución y transporte de gasolina por tipo de operación.

Operación unitaria	Factor de emisión (mg/L) [(1)]
1. Descarga de pipas	**880**
2. Pérdidas por respiración de tanques subterráneos	**120**
3. Pipas de gasolina en tránsito	
3.1 Pipas cargadas con producto	**0.05**
3.2 Pipas que regresan con vapor	**6.50**
4. Carga de combustible a vehículos y derrames	
4.1 Carga de combustible a vehículos	**1,320**
4.2 Derrame	**80**

FUENTES INDUSTRIALES

Para realizar las proyecciones de las emisiones contaminantes al aire de las fuentes puntuales (sector industrial) al año 2020, se aplicaron tasas de crecimiento anual constantes a partir del año 2000 hasta el año proyectado 2020.

En la siguiente tabla se presenta la proyección al 2020 de la participación de Jalisco en el PIB nacional, calculadas a través de líneas de tendencia de cada uno de los diferentes sectores.

Proyección del Producto interno bruto.

Giro industrial	2005	2006	2007	PIB 2020
Promedio Nacional	5.90	5.8	5.7	5.41
Industria Minera	1.70	1.7	1.7	1.80
Industria Agropecuaria, silvicultura y pesca.	9.20	90	8.9	9.38
Industria Manufactura	6.50	6.1	6.0	4.94

En la siguiente tabla se muestran las emisiones proyectadas al 2020, para las fuentes de puntuales.

Sector	Emisiones (Toneladas/Año)					
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	NO_X	SO_2	CO	COV
Fuentes fijas	10,573.3	9,689.3	5,976.3	7,381.6	50,941.0	17,482.8
Petróleo y petroquímica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,041.4
Química	249.7	173.0	977.1	1,674.6	347.2	3,912.4
Pinturas y tintas	208.3	104.2	3.1	2.4	0.6	405.2
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	239.1	151.0	277.1	281.7	1,300.7	713.1
Automotriz	38.8	21.5	105.6	5.7	18.8	4,100.1
Celulosa y papel	62.9	53.9	69.0	875.1	7.3	755.3
Cemento y cal	140.8	90.0	52.5	50.1	198.0	52.0
Asbesto	2.2	1.6	2.0	0.0	1.7	1.2
Vidrio	256.5	251.7	86.3	0.5	68.3	1,131.7
Tratamiento de residuos peligrosos	2.3	2.1	17.9	0.8	0.4	18.1
Alimentos	9,339.7	8,819.3	4,353.8	4,403.1	48,989.9	3,097.8
Textil	0.4	0.4	8.5	0.1	1.5	0.1
Madera	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0
Otros	32.7	20.6	23.0	87.6	6.3	2,254.3

FUENTES MÓVILES

La proyección para fuentes móviles del año 2020, incluye las emisiones de vehículos particulares, de carga y federales. Las emisiones se estimaron con el modelo Mobile 6 México de la USEPA y con información de la edad y tipo de los vehículos, lo cual es determinante para la obtención de los factores de emisión.

También se incluyó la temperatura ambiente (2008), la altitud, así como el contenido de azufre de los combustibles y la velocidad de circulación de 19 km/h (Cámara de Comercio de Guadalajara, 2011). A diferencia de los inventarios de emisiones anteriores, se incluyen nuevos tipos de vehículos el Macrobús.

La flota vehicular de la AMG se proyectó al año 2020, con base en las flotas del SIMBAD[31] 2011 del INEGI. Se utilizaron los años de registro desde 1980 a 2010, obteniéndose la flota vehicular del año 2020, a través de líneas de tendencia de cada uno de los diferentes tipos de vehículos. Así mismo, se proyectó la flota federal de carga, pasaje y turismo, considerando que aproximadamente el 49.5% la de la flota federal de Jalisco, se encuentra en la AMG (porcentaje que representa la flota de carga de la AMG, con respecto a la flota de carga de Jalisco).

Considerando que los taxis en los inventarios de emisiones 1996 y 2005, representan aproximadamente el 2.5%, este mismo porcentaje se utilizó para obtener el número de taxis, respecto a los autos particulares del año 2020. Para el caso de las SUV, se consideró que representan el 15% de los autos particulares. Cabe mencionar que este dato se obtuvo a través de un análisis de la base de datos del año 2008, proporcionada por la SEMADET.

Flota del SIMBAD 1980 -2010 y Proyección de Flota al 2020

Año	Autos	Autobuses	Carga	Motos
1980	167,155	3,974	81,451	
1981	176,587	4,381	82,716	
1982	208,566	4,466	78,268	
1983	230,384	4,740	77,295	
1984	254,973	5,287	82,332	
1985	265,225	5,444	86,441	
1986	274,938	5,591	90,995	

[31] Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD), en su versión 2.0 http://sc.inegi.org.mx/sistemas/cobdem/ (noviembre 2011).

1987	284,197	5,703	93,817	
1988	296,544	5,643	99,754	
1989	316,442	5,067	107,624	
1990	328,587	4,981	107,387	
1991	361,447	5,480	118,125	
1992	379,238	5,181	127,486	
1993	461,589	5,031	188,793	
1994	498,918	5,222	196,757	
1995	470,031	6,176	174,171	
1996	408,659	6,221	170,838	30,180
1996	443,554	5,989	28,433	23,995
1997	482,112	5,008	160,076	30,195
1998	512,116	4,679	168,699	34,049
1999	498,285	5,849	180,526	32,473
2000	568,098	6,535	235,342	38,558
2001	602,660	6,594	255,101	43,264
2002	744,469	7,049	307,887	47,969
2003	801,832	8,425	337,465	55,918
2004	854,123	7,242	362,200	64,294
2005	910,519	7,575	386,395	72,304
2006	984,869	7,533	390,669	79,435
2007	1,054,021	7,583	408,002	87,707
2008	1,137,655	7,791	447,087	97,264
2009	1,169,344	7,597	459,503	103,666
2010	1,209,208	7,710	470,059	112,369
2011	1,076,375	7,855	429,576	115,301
2012	1,109,550	7,971	443,253	118,233
2013	1,142,725	8,088	456,930	124,484
2014	1,175,900	8,204	470,607	130,734
2015	1,209,075	8,321	484,284	136,985
2016	1,242,250	8,437	497,961	143,236
2017	1,275,425	8,554	511,638	149,486
2018	1,308,600	8,670	525,315	155,737
2019	1,341,775	8,787	538,992	161,988
2020	1,111,135	8,903	552,669	168,239

La flota final con vehículos federales del año 2020 es la siguiente:

Flota vehicular proyectada al año 2020.

Clasificación	Flota vehicular	%
Autos Particulares°	1,076,358	51.9%
SUV	195,863	9.4%
Pick up y Veh. Hasta 3.8 ton.-Gasolina°	461,125	22.2%
Taxi°	34,777	1.7%
Pick up-Diesel°	3,110	0.2%
Camiones urbanos y suburbanos°	8,903	0.4%
Autobuses de pasaje federal*	3,345	0.2%
Autobuses de turismo federal*	6,335	0.3%
Camiones de carga locales-Gasolina°	88,434	4.3%
Camiones de carga federales-Gasolina*	1,368	0.1%
Camiones de carga federales-Diesel*	1,895	0.1%
Tractocamiones federales Diesel*	22,549	1.1%
Motocicletas	168,239	8.1%
Macrobús (articulado)+	123	0.006%
Macrobús (autobús)+	309	0.015%
Flota total	**2,072,733**	**100%**

Notas:
° Proyección con flota 1980 a 2010. SIMBAD-INEGI, 2011. Taxis, pick Up y camiones de carga locales, son un % de la flota base 2005
* Proyección con flota SCT 2008-2010. Autobuses federales, todos a diesel.
Tractocamiones incluye C-3 y tractocamiones. Camiones de carga=C-2
+Macrobús, se estiman 3 líneas a 2020. Gerencia de Control y Tecnologías. Macrobús / SITEUR. Jalisco en línea

El cálculo de la flota vehicular 2020 por año modelo, se obtuvo por medio de un análisis de la base de datos de vehículos del año 2008, obteniendo datos de autos particulares, SUV y vehículos de carga. Debido a que no fue posible obtener información confiable de vehículos por tipo de combustible, se consideró que los camiones urbanos y suburbanos son a diesel.

En el caso de los vehículos de carga, se extrajo una fracción para Pick Up a diesel y gasolina y el resto se asumió que son vehículos de carga, mayores a tres toneladas a gasolina. Estos tipos de vehículos se obtuvieron con el porcentaje que representa respecto a la flota 1996 y 2005.

Los datos de actividad por tipo de vehículo, se tomaron de diferentes fuentes, para el caso de los autos particulares y SUV, se tienen kilómetros por día por año modelo (SMADF, 2010):

Datos de actividad por año modelo de AP.

Año Modelo	Km./día
1996	22.78
1997	22.78
1998	22.78
1999	22.78
2000	22.78
2001	31.92
2002	31.92
2003	31.92
2004	31.92
2005	33.06
2006	33.76
2007	35.37
2008	35.84
2009	35.84
2010	35.84
2011	35.84
2012	35.84
2013	35.84
2014	35.84
2015	35.84
2016	35.84
2017	35.84
2018	35.84
2019	35.84
2020	35.84

Con dichos datos se obtuvo la actividad vehicular al año 2020 la cual se muestra a continuación.

Actividad vehicular al año 2020.

Clasificación	Flota vehicular	Krv/día	Días/año	Krv/anual
Autos Particulares°	1,076,358	32.5	365	12,765,650,503
SUV°	195,863	33.6	365	2,402,346,900
Pick up y Veh. Hasta 3.8 ton.-Gasolina*	461,125	65.4	365	11,009,197,981
Taxi*	34,777	110.0	365	1,396,296,550
Pick up-Diesel*	3,110	65.4	365	74,250,162
Camiones urbanos y suburbanos#	8,903	219.0	365	398,205,855
Autobuses de pasaje federal°	3,345	40.5	365	49,410,835
Autobuses de turismo federal°	6,335	50.3	365	116,353,678
Camiones de carga locales-Gasolina*	88,434	65.4	365	2,111,330,798
Camiones de carga federales-Gasolina*	1,368	62.8	365	31,357,296
Camiones de carga federales-Diesel*	1,895	62.8	365	43,437,190
Tractocamiones federales Diesel*	22,549	62.8	365	321,857,034
Motocicletas°	168,239	79.0	365	4,851,171,565
Macrobús (articulado)+	123	222.5	365	9,987,000
Macrobús (autobús)+	309	236.1	365	26,632,000
Flota total	**2,072,733**			**35,607,485,347**

Notas:
°Inventario de Emisiones Distrito Federal, 2008
Red de Transporte Público del GDF, 2010
* Análisis del Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México
(EIMTCA-MAVM) Proyecto de realización del estudio matriz origen-destino para el transporte de carga
Informe Final septiembre, 2006
+ Datos de MACROBUS http://impreso.milenio.com/node/8926620 y Gerencia de Control y Tecnologías. Macrobús/SITEUR. Jalisco (en línea, noviembre 2011)

El modelo Mobile 6 México se calibró con el registro de vehículos por año modelo, así como sus datos de actividad. Se consideró que el combustible al año 2020, será un combustible limpio, de bajo azufre (30 ppm S en gasolina y 15 ppm S en diesel). Los factores de emisión ponderados por tipo de vehículo se muestran en la siguiente tabla:

Factores de emisión ponderados por tipo de vehículo (g/km).

Clasificación	PM_{10}	$PM_{2.5}$	NO_X	SO_2	CO	COV	NH_3
Autos Particulares	0.015	0.007	0.502	0.003	5.612	0.819	0.063
SUV	0.015	0.007	0.510	0.003	5.848	0.667	0.063
Pick up y Veh. Hasta 3.8 ton.-Gasolina	0.016	0.007	1.237	0.006	9.329	1.305	0.063
Taxi	0.015	0.007	0.502	0.003	5.612	0.819	0.063
Pick up-Diesel	0.047	0.036	1.283	0.003	1.984	1.075	0.004
Camiones urbanos y suburbanos	0.051	0.038	3.564	0.012	4.656	0.693	0.017
Autobuses de pasaje federal	0.051	0.038	3.564	0.012	4.656	0.693	0.017
Autobuses de turismo federal	0.051	0.038	3.564	0.012	4.656	0.693	0.017
Camiones de carga locales-Gasolina	0.037	0.024	1.530	0.011	38.602	1.944	0.028
Camiones de carga federales-Gasolina	0.034	0.021	1.560	0.006	45.563	1.911	0.028
Camiones de carga federales-Diesel	0.083	0.067	4.099	0.008	4.369	1.058	0.017
Tractocamiones federales Diesel	0.104	0.077	5.973	0.010	6.723	1.029	0.017
Motocicletas	0.023	0.013	0.429	0.002	35.650	7.962	0.007
Macrobús (articulado)	0.048	0.026	0.424	0.020	0.896	0.716	0.017
Macrobús (autobús)	0.051	0.038	3.564	0.012	4.656	0.693	0.028

En la siguiente tabla se muestran las emisiones proyectadas al 2020, para las fuentes de móviles.

Tipo de Vehículo	Toneladas por año					
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	NO_X	SO_2	CO	COV
Fuente móviles	**688**	**361**	**31,660**	**165**	**457,946**	**71,494**
Autos Particulares°	197	89	6,407	44	71,584	10,446
SUV	37	17	1,223	12	14,023	1,599
Pick up y Veh. Hasta 3.8 ton.-Gasolina°	171	78	13,614	63	102,710	14,364
Taxi°	22	10	749	5	8,586	1,419
Pick up-Diesel°	4	3	97	0	152	82
Camiones urbanos y suburbanos°	20	15	880	5	1,170	252
Autobuses de pasaje federal	2	2	261	1	301	35
Autobuses de turismo federal	6	4	875	1	1,167	102
Camiones de carga locales-Gasolina°	78	50	3,270	23	81,500	4,105
Camiones de carga federales-Gasolina*	1	1	49	0	1,429	60
Camiones de carga federales-Diesel*	4	3	178	0	190	46
Tractocamiones federales Diesel*	33	25	1,922	3	2,163	331
Motocicletas	112	63	2,072	8	172,933	38,630
Macrobús (articulado)	N/S	N/S	4	N/S	9	7
Macrobús (autobús)	1	1	59	N/S	29	16



proAire

Jalisco
2014 - 2020

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

BIENESTAR
MERECES ESTAR BIEN

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial
GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

ProAire GTO

PROGRAMA DE GESTIÓN

para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato 2021–2030



Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

AGUA Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE

ProAire

Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (ProAire-GTO) 2021-2030

SECRETARÍA DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE DEL ESTADO DE GUANAJUATO
SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD DEL AIRE
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL

Calle Aldana no. 12, esquina con República Mexicana
Colonia Pueblito de Rocha
CP 36040, Guanajuato, Guanajuato
Teléfono: 473 735 2600 extensión 6112

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Titulares

Alicia Bárcena Ibarra
Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Sergio Zirath Hernández Villaseñor
Director General de Industria, Energías Limpias y Gestión de la Calidad del Aire

Daniela Paola Ramos González
Directora de Calidad del Aire

Subdirección de Programas de Calidad del Aire

Julieta Mariela Rodríguez Meza
Subdirectora de Programas de Calidad del Aire

Arantza Sánchez Blanco
Jefa de Departamento de Geomática de la Contaminación

Subsecretaría de Regulación Ambiental

Hugo Landa Fonseca
Subdirector de Gestión y Regulación

Secretaría del Agua y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato

Titulares

José Lara Lona
Secretario del Agua y Medio Ambiente

Noemí Verenice magaña Ramírez
Subsecretaria de Gestión Ambiental, Cambio Climático y Sustentabilidad Energética.

Carlos Aarón Ávila Plascencia
Director General de Calidad del Aire

Responsables del ProAire-GTO

Adrián Gómez González
Jefe de Gestión Ambiental

María Elena Nieto Díaz
Jefa de Gestión de Programas y Grupos ProAire

Participantes

Juan Manuel Pérez Guzmán
Jefe de Proyecto e Indicadores de Gestión

Luis Ismael Rosales Rodríguez
Jefe de Indicadores de Gestión de Calidad del Aire

Índice

Resumen ejecutivo 13

Introducción 17

1. Marco legal y normativo 21

1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 21

1.2 Marco Jurídico nacional e internacional. 21

1.2.1 Consejo de los Derechos Humanos sobre la Gestión de la Calidad del Aire. 21

1.2.2 Objetivos del Desarrollo Sostenible. 21

1.2.3 Estrategia Nacional e internacionales de Calidad del Aire. 21

1.2.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 21

1.2.5. Ley General de Cambio Climático (2012) y su reglamento respectivo. 22

1.2.6 Ley General de Salud. 22

1.2.7 Normas oficiales mexicanas. 23

1.3 Marco Jurídico estatal 24

1.3.1 Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. 24

1.3.2 Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. 24

1.3.3 Reglamento de la Ley para Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en Materia de Verificación Vehicular. 24

1.3.4 Programa Estatal de Verificación Vehicular. 24

1.3.5 Lineamientos de Infraestructura y Equipos para Centros de Verificación Vehicular. 24

1.3.6 Guía para la acreditación de los centros de verificación vehicular del estado de Guanajuato. 25

1.4 Normas estatales. 25

1.4.1 Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-001/2010. 25

1.4.2 Norma técnica ambiental NTA-IEE-005/2007. 25

1.4.3 Comisión Mixta para la Atención del Sector Ladrillero en el Estado de Guanajuato. 25

1.4.4 Comisión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (COAIRE). 25

2. Diagnóstico de calidad del aire 26

2.1 Contexto Territorial 27

2.1.1 Delimitación de la zona de estudio 27

2.1.2 Relieve 28

2.1.3 Hidrología 29

2.1.4. Edafología 30

2.1.5 Meteorología y climatología 30

2.1.6. Variabilidad climática anual y estacional en el estado. 31

2.1.7 Cuencas atmosféricas 32

2.1.8 Dinámica de Vientos 34

2.2 Fuerzas motrices 35

2.2.1 Elementos sociodemográficos 35
2.2.2 Actividades económicas y productivas 36
2.2.3 Asentamientos humanos 37
2.2.4 Demandas energéticas 39
2.2.5 Movilidad 41
2.2.6 Dinámicas socioculturales 45
2.2.7 Cambio climático y su relación con la calidad del aire. 47
2.2.8 Generación de olores en el estado de Guanajuato 48
2.3 Presión 50
2.3.1 Inventario de Emisiones de contaminantes criterio y precursores. 50
2.3.2 Problemática de calidad del aire en el Estado de Guanajuato 58
2.3.3 Inventario de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 58
2.3.4 Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) 60
2.3.5. Caracterización de olores ofensivos. 62
2.4 Estado 63
2.4.1 Normas Oficiales Mexicanas de Calidad del Aire 63
2.4.2 Normativa relacionada con olores ofensivos 65
2.4.3 Monitoreo atmosférico en el estado de Guanajuato. 66
2.4.4 Centro de Información sobre Contaminación de la Atmósfera 69
2.4.5 Operación del Laboratorio Móvil 70
2.4.6 Cumplimiento normativo histórico en municipios con monitoreo atmosférico 71
2.4.7 Tendencia de contaminantes monitoreados 78
4.7.8 Comportamiento de los contaminantes criterio 87
2.5 Impacto 88
2.5.1 Guías o Directrices de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud 88
2.5.2 Efectos de la contaminación del aire en la salud 89
2.5.3 Efectos en la salud por exposición a sustancias químicas por olores 90
2.6 Respuesta 91
2.6.1 Seguimiento y Evolución de los ProAire en el Estado de Guanajuato 91
2.6.2 Estrategias de difusión, comunicación y educación sobre calidad del aire 92
2.6.3 Gestión de la calidad del aire en el estado de Guanajuato 94
2.6.4 Mecanismos de participación ciudadana en la política ambiental local, con énfasis en la calidad del aire. 96
2.6.5 Programas auxiliares en la gestión de la calidad del aire 96
3. Estrategias, medidas y acciones 109
3.1 Objetivo General 109
3.2 Objetivos específicos 109
3.3 Metas 109

3.4 Características del ProAire-GTO 2021-2030 109
3.5 Estrategias estatales 110
3.6 Capítulos ProAire 112
3.7 Diseño de las medidas y acciones 113
4. Referencias 117
Glosario 120
Anexos 122
Fichas de medidas y acciones de Celaya 122
Fichas de medidas y acciones de Irapuato 129
Fichas de medidas y acciones de León 135
Fichas de medidas y acciones de Purísima del Rincón 139
Fichas de medidas y acciones de Salamanca 146
Fichas de medidas y acciones de San Francisco del Rincón 152
Fichas de medidas y acciones de Silao de la Victoria 158
Comportamiento horario, semanal y mensual de contaminantes criterio 162

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Días en que rebasó el valor de la norma para PM_{10}, NOM-025-SSA1-1993 en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao). 18

Gráfica 2. Concentración promedio anual de PM_{10}, en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao (la línea horizontal indica el valor de la NOM-025-SSA1-1993). .. 18

Gráfica 3. Días en que rebasó el valor indicado en la norma para SO_2, NOM-022-SSA1-1993 en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao. 19

Gráfica 4. Concentración promedio anual para SO_2, NOM-022-SSA1-1993 en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao. 19

Gráfica 5. Activación de precontingencias por SO2, a la NOM-022-SSA1-1993 (límite horario: de 130 ppb) en el periodo del 2003 al 2009 y la NOM-022-SSA1-1993 (Límite horario: 110 ppb) en el periodo del 2010 al 2013. 19

Gráfica 6. Temperatura anual (°C) y su tendencia en el Estado de Guanajuato. 31

Gráfica 7. Cambios en la lluvia en el Estado de Guanajuato bajo escenarios de cambio climático 32

Gráfica 8. Índice mensual estandarizado de sequía pluviométrica en el Estado de Guanajuato. 32

Gráfica 9. Población total y tasa de crecimiento promedio anual 1895-2020. 35

Gráfica 10. Afiliaciones a servicios de salud. 36

Gráfica 11. Crecimiento de industria manufacturera y de comercios y servicios en el Estado de Guanajuato. 36

Gráfica 12. Índice de urbanización por entidad federativa. 38

Gráfica 13. Viviendas particulares habitadas y tasa de crecimiento promedio anual. 38

Gráfica 14. Consumo energético por sector en el estado de Guanajuato, 2019. 40

Gráfica 15. Demanda energética automotriz y su relación con el crecimiento vehicular en el Estado de Guanajuato. 40

Gráfica 16. Demanda energética automotriz y su relación con el crecimiento vehicular en el Estado de Guanajuato. 40

Gráfica 17. Crecimiento poblacional y crecimiento vehicular en el estado de Guanajuato. 42

Gráfica 18. Porcentaje de vehículos automotores registrados en el padrón. 42

Gráfica 19. Promedio de año modelo, padrón vehicular del Estado de Guanajuato. 43

Gráfica 20. Crecimiento de motocicletas en el Estado de Guanajuato. 43

Gráfica 21. Padrón de motocicletas, privadas y oficiales. 44

Gráfica 22. Contribución de las fuentes evaluadas a las emisiones totales en el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021. 51

Gráfica 23. Hornos ladrilleros por municipio en el Estado y su producción, con actualización parcial al año 2022. 52

Gráfica 24. Tendencia de cumplimiento y validación de COA´s 2008-2022. 61

Gráfica 25. Evolución de la cobertura de monitoreo en el Estado de Guanajuato. 67

Gráfica 26. Histórico del porcentaje de desempeño de publicación anual de datos del SIMEG. 68

Gráfica 28. Número de veces en que se sobrepasó los límites de partículas $PM_{2.5}$ que establece la NOM-025-SSA1-2014, aplicable a los años del 2014 al 2021 y la NOM-025-SSA1-2021 aplicable en 2022..... 72

Fuente: Elaboración SAMA con información del SEICA. 72

Gráfica 30. Número de veces en que se sobrepasó los límites de SO_2 que establece la NOM-022-SSA1-2014, aplicable a los años del 2014 al 2019 y la NOM-022-SSA1-2019 aplicable a partir del año 2020. 73

Gráfica 31. Distribución de días con calidad del aire, buena, aceptables, mala, muy mala y extremadamente mala por municipio en el año 2021 de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 74

Gráfica 32. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de Celaya de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 74

Gráfica 33. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de Irapuato de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 75

Gráfica 34. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de León de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 75

Gráfica 35. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en Purísima del Rincón de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 76

Gráfica 36. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de Salamanca de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 76

Gráfica 37. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en San Francisco del Rincón de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 77

Gráfica 38. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 el municipio de Silao de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019. 77

Gráfica 40. Histórico de distintivos de verificación vehicular otorgados. 97

Gráfica 41. Número de activaciones de precontingencias por PM_{10} en Salamanca en el periodo 2005-2022. 98

Gráfica 42. Número de activaciones de precontingencias por SO_2 en Salamanca en el periodo 2005-2022.. 98

Gráfica 43. Número de activaciones de precontingencias por PM_{10} en León en el periodo 2016-2022. 99

Gráfica 44. Cantidad de calentadores solares de agua por entidad federativa..... 107

Gráfica 45. Capacidad instalada por la SAMA de energía renovable en generación distribuida fotovoltaica. 108

Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de políticas de gestión de la calidad del aire. 17

Figura 2. Evolución de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Guanajuato. 20

Figura 3. FMPEIR adaptada al diagnóstico del ProAire. 26

Figura 4. Localización de los principales municipios del Corredor Industrial en Guanajuato. 27

Figura 5. Orografía del Estado de Guanajuato. 29

Figura 6. Hidrología del Estado de Guanajuato. 30

Figura 7. Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Guanajuato. 30

Figura 8. Climas en el Estado de Guanajuato. 31

Figura 9. Cuencas atmosféricas primarias de León y Salamanca. Anuales. 33

Figura 10. Vientos predominantes de las ciudades del Corredor Industrial. 34

Figura 11. Población de Guanajuato. 35

Figura 12. Distribución de la población en Guanajuato. 38

Figura 13. Saturación de carreteras estatales. 44

Figura 15. Histórico de reportes de quemas a cielo abierto en municipios del corredor industrial. 46

Figura 18. Distribución de fuentes fijas estatales que reportan su trámite COA en 2022. 61

Figura 19. Distribución de fuentes fijas municipales de Celaya en 2022. 62

Figura 20. Distribución de fuentes fijas municipales de León en 2022. 62

Figura 21. Evolución del SIMEG. 66

Figura 22. Municipios con monitoreo e Índice Aire y Salud. 67

Figura 24. Sesiones virtuales de la cooperación triangular Alemania-México-India. 70

Figura 25. Laboratorio móvil de calidad del aire, para la medición de compuestos orgánicos volátiles, azufrados y carbono negro. 71

Figura 26. Densidad de concentraciones máximas de Ozono en el Estado. 79

Figura 27. Densidad de concentraciones máximas de Dióxido de Azufre en el Estado. 81

Figura 28. Densidad de concentraciones máximas de Monóxido de Carbono en el Estado. 82

Figura 29. Densidad de concentraciones máximas de Dióxido de Nitrógeno en el Estado. 84

Figura 30. Densidad de concentraciones máximas de PM10 en el Estado. 85
Figura 31. Densidad de concentraciones máximas de $PM_{2.5}$ en el Estado. 87
Figura 32. Evolución de los ProAire en el Estado de Guanajuato. 92
Figura 33. Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato (CEICA). 95
Figura 34. Esquema de Gestión de la Calidad del Aire de Guanajuato. 96
Figura 35. Distribución territorial de las fuentes fijas de jurisdicción estatal reguladas al año 2022. 100
Figura 36. Centro de Trabajo de Industria Sustentable de Insumos de la Construcción 102
para el municipio de Salamanca. 102
Figura 37. Fabricación de blocks de cemento, productores del Refugio. 103
Figura 38. Operación de los centros de maquinaria agrícola. 104
Figura 39. Operación de la cuadrilla para la atención de quemas a pie de carretera en el corredor industrial. 104
Figura 40. Instalación de sistemas fotovoltaicos en escuelas primarias Prof. Sixtos Nieto y Dr. J. Jesús González, municipio de León, Guanajuato. 108
Figura 41. Instalación de sistema fotovoltaico en la SAMA, en el municipio de Guanajuato. 108
Figura 42. Porcentajes y montos de apoyo que otorga el FOAM. 109
Figura 43: Alineación del ProAire del Estado de Guanajuato con instrumentos nacionales e internacionales. 110

Índice de tablas

Tabla 1. Extensión territorial de los principales municipios del Corredor Industrial. 28
Tabla 2. Datos promedio de la dirección de viento. 34
Tabla 3. Producción Bruta Total (PBT). 37
Tabla 6. Emisiones del sector ladrillero. 53
Tabla 7. Emisiones por tipo de Industria. 53
Tabla 8. Contribución por municipio. 54
Tabla 9. Contribución regional. 56
Tabla 11. Resultados generales del inventario de GyCEI del estado de Guanajuato 2021. 60
Tabla 12. Normas Oficiales Mexicanas sobre salud y calidad del aire. 65
Tabla 13. Datos estadísticos de Ozono en el Estado. 79
Tabla 14. Evaluación normativa por Ozono en las estaciones de monitoreo del SIMEG, 2021. 80
Tabla 15. Datos estadísticos de Dióxido de Azufre en el Estado. 80
Tabla 16. Evaluación normativa por Dióxido de Azufre en las estaciones de monitoreo del SIMEG. 81
Tabla 17. Datos estadísticos de Monóxido de Carbono en el Estado. 82
Tabla 18. Evaluación normativa por Monóxido de Carbono en las estaciones de monitoreo del SIMEG. 83
Tabla 19. Datos estadísticos de Dióxido de Nitrógeno en el Estado. 83

Tabla 20. Evaluación normativa por Dióxido de Nitrógeno en las estaciones de monitoreo del SIMEG. 84
Tabla 21. Datos estadísticos de PM_{10} en el Estado. 85
Tabla 22. Evaluación normativa por PM10 en las estaciones de monitoreo del SIMEG. 86
Tabla 23. Datos estadísticos de $PM_{2.5}$ en el Estado. 86
Tabla 24. Evaluación normativa por $PM_{2.5}$ en las estaciones de monitoreo del SIMEG. 87
Tabla 25. Valores Guía de la OMS para contaminantes criterio, 2021. 89
Tabla 26. Límites de aplicación del Índice Aire y Salud. 93
Tabla 27. Niveles de activación y desactivación para PM10, Salamanca. 98
Tabla 28. Niveles de activación y desactivación para SO_2, Salamanca. 98
Tabla 29. Niveles de activación y desactivación para PM10. 99
Tabla 30. Número de activaciones de los PCAAS y PCAAL en el periodo 2005 al 2022. 100

Resumen ejecutivo

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire se puede reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo. Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras (OMS 2021)[1]. En México, de acuerdo con estimaciones del Centro Mario Molina, en 2013 se pudieron evitar 720 muertes prematuras en adultos de cumplirse con el límite que marca la NOM-025-SSA1-2014 para el contaminante $PM_{2.5}$. Para este mismo contaminante la Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA), antes Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT), estimó que, de cumplirse la norma, en el 2016 se pudieron evitar 5.8 % de muertes prematuras.

El estado de Guanajuato está integrado por 46 municipios, forma parte de la zona denominada Bajío, el cual posee un amplio potencial de desarrollo económico, al estar ubicado entre dos de las más importantes zonas metropolitanas del país: la del Valle de México y la de Guadalajara.

Guanajuato es pieza clave, pues posee una importante zona de comunicación donde se localizan siete municipios con fuerte presencia de empresas nacionales e internacionales en parques industriales, así como de centros de investigación y centros educativos importantes, que detonan y mejoran la economía local y regional: Celaya, Irapuato, León, Purísima del Rincón, Salamanca, San Francisco del Rincón y Silao de la Victoria.

El crecimiento de la población, presencia de industria asentada principalmente en los municipios del corredor industrial, el incremento de la movilidad y de los vehículos en circulación, y los patrones de producción no sostenibles, son factores de presión que detonan incremento de emisiones contaminantes los cuales afectan la salud de la población.

De acuerdo con el análisis de monitoreo atmosférico y a la normativa aplicable, en el estado de Guanajuato, se ha identificado un incremento en emisiones de partículas gruesas en ciertas épocas del año y/o ubicaciones geográficas (Temporada invernal, temporada cálida, corredor industrial, etc.). Aunado a esto, se identifica flota vehicular obsoleta, incremento de circulación de motocicletas sin regulación de sus emisiones, existencia del sector ladrillero con actividades no reguladas, recurrentes descontroles en la operación en la generación de energía eléctrica e industria petrolera y petroquímica, crecimiento sustancioso de la población lo que se traduce en incremento de construcción sobre todo de viviendas particulares, la demanda económica y de consumo energético, desarrollo industrial, prácticas agrícolas poco sostenibles, generación de incendios (domésticos, forestales, agrícolas, etc.) sin control, uso de pirotecnia en festividades, movilidad sustentable aún limitada. Todos estos factores contribuyen muy significativamente para que los valores de los contaminantes criterio se encuentren por encima de lo permisible, lo que se traduce en deterioro de la salud de la población y de los ecosistemas.

De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, se incluye la evaluación de las cuatro principales fuentes de emisión: las fuentes fijas en las que se incluyen los establecimientos asentados en la región y que son del tipo industrial (federal y estatal); las fuentes de área, que son fuentes demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas, e incluyen comercios, servicios y otras actividades, tanto urbanas como rurales; las fuentes naturales, en las que se incluyen las fuentes biogénicas; y finalmente las fuentes móviles, representadas por los vehículos de carretera y de no carretera (maquinaria agrícola, de construcción y aviación). De acuerdo con este inventario, las emisiones totales del estado de Guanajuato para ese año se distribuyeron como sigue:

[1] Organización Mundial de la Salud. 2021.

Contaminación por quemas a cielo abierto: Poco más del 60% de los episodios en que se excede el valor límite de PM_{10}, se registraron durante la temporada invernal y ciclos agrícolas, en la cual, las quemas de pastizales y de residuos sólidos en zonas urbanas, así como la quema de esquilmos, se identifican como fuentes clave. Así mismo, en el 2022 de un total de 11 mil 315 quemas registradas, las de mayor incidencia fueron de pastizales en zona urbana con un 58 por ciento, seguido de la quema de casa y vehículos con 13 por ciento, basura con 11 por ciento y un 18 por ciento correspondió a otros eventos. Los municipios con mayor cantidad de reportes son los del corredor industrial (Celaya, Irapuato, León, y Salamanca), seguido de municipios de la zona sur (Acámbaro, Salvatierra y Yuriria).

Las fuentes móviles: El estado de Guanajuato cuenta con un registro de poco más de 2.2 millones de vehículos, de los cuales 57 por ciento se concentra en los municipios de Celaya, Irapuato, León, Salamanca y Silao de la Victoria. La antigüedad promedio del parque vehicular es de 19 años, por lo que, gran parte de estos vehículos no cuentan con convertidor catalítico para el control de emisiones atmosféricas, o bien, por su kilometraje debería ser reemplazado. De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato año base 2021, la flota vehicular del estado aporta el 42 por ciento y 16 por ciento de las emisiones totales de NO_X y COV, respectivamente, contaminantes precursores del ozono (O_3) y perjudiciales para la salud de la población. Así mismo las carreteras (flota vehicular) son las que emitieron hasta el 13.6% del total de las emisiones de PM_{10} en el estado.

Respecto a las emisiones de PM_{10}, de acuerdo con el inventario de emisiones a la atmósfera año base 2021, la principal fuente de emisión de este tipo de partículas son las fuentes de área, contribuyendo con un 68.09%, dentro de las cuales destacan la labranza agrícola con un 31.83%, la combustión doméstica con un 7.91%, la industria ladrillera con un 6.43%, los caminos pavimentados y no pavimentados con un 6.40% y las quemas agrícolas con un 5.87%; le siguen las fuentes fijas con un 14.37% del total estatal de PM_{10}, dentro de las cuales destacan la industria de la generación de energía eléctrica, la industria automotriz y la del petróleo y petroquímica, las cuales contribuyen a las emisiones de este contaminante con 11.58%. Le siguió con un 1.42% la industria metalúrgica (incluye la siderúrgica). Y en lo que respecta a las fuentes móviles, son las carreteras (flota vehicular) las que emitieron hasta el 13.6% del total de las emisiones de PM_{10} en el estado.

En lo que concierne a emisiones de $PM_{2.5}$, el patrón de emisiones tiene algo de similitud con el de PM_{10}. Las fuentes móviles carreteras emitieron hasta el 20.47%, posicionándose, así como una de las principales fuentes emisoras de este contaminante. A estas le siguieron la combustión doméstica con un 11.91%, la industria de la generación eléctrica con un 10.79%, la industria ladrillera con un 10.44% y las quemas agrícolas con un 9.50%.

En el caso de las emisiones de NO_X, nuevamente son las fuentes móviles carreteras la principal fuente de este contaminante, emitiendo el 42.41% del total estatal; a estas le siguieron las fuentes biogénicas con un 39.16%, aunque claro, estas emisiones son de origen natural, y le siguen las fuentes móviles no carreteras de uso agrícola (consumo de diésel en tractores) con un 9.39% y luego las locomotoras de recorrido con un 1.75%.

Las emisiones de dióxido de azufre fueron generadas en su mayor parte por el sector de la industria del petróleo y petroquímica, que representó el 69.3% de las emisiones totales de este contaminante. Le siguen en menor proporción las fuentes no carreteras agrícolas, es decir, la maquinaria agrícola, con un 8.7%, luego la industria de alimentos y bebidas con un 7.1%, y la industria química con un 2.45%.

Para el monóxido de carbono (CO), las fuentes móviles carreteras , es decir, la flota vehicular en circulación, emitieron el 85.64% de las emisiones totales de este contaminante, seguido de la combustión doméstica con un 4.56%, luego la combustión doméstica con un 4.56%, la industria ladrillera con un 3.23% y las quemas agrícolas con un 2.82% .

Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, las fuentes más representativas fueron las biogénicas, aportando un 52.36% del total emitido, aunque esto de una forma natural. Le siguieron las

fuentes móviles carreteras con un 15.95%, después el manejo y distribución de gas LP con un 7.90%, la limpieza de superficies industriales con un 4.66% y la industria ladrillera con un 4.15%.

Para dar atención a dicha problemática las autoridades estatales y locales han implementado diversas estrategias de política pública para prevenir y mitigar las emisiones contaminantes a la atmósfera y mejorar las condiciones de calidad del aire. El monitoreo atmosférico, es uno de los principales instrumentos de la calidad del aire, representa una valiosa herramienta de gestión para instrumentar acciones de prevención y control de los contaminantes presentes en la atmósfera, ante condiciones que ponen en riesgo la salud de los ciudadanos. Además, es una fuente de información para la ciudadanía sobre los niveles de contaminación. Cuenta con una cobertura del 66% de la población total del estado, la información que recopilan las 19 estaciones fijas de monitoreo de calidad del aire ubicadas en Celaya, Silao, Salamanca, Irapuato, León, San Miguel de Allende, San Luis de la Paz, Guanajuato, Abasolo y Purísima del Rincón; se publica de forma clara y oportuna en el índice Aire y Salud a través de la página https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/monitoreo/ y la aplicación para dispositivos móviles Eco App.

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire. En el Estado de Guanajuato se desarrolla y actualiza el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio cada dos años, mismo que contempla las emisiones contaminantes de los 46 municipios que conforman la entidad. El RETC se conforma y actualiza periódicamente con la información que presentan los establecimientos industriales que tienen su funcionamiento como fuente fija de jurisdicción estatal, siendo la Cédula de Operación Anual el principal instrumento de reporte. En este contexto, el RETC es una herramienta eficaz para la gestión del medio ambiente en una región, pues informa y notifica al gobierno, a la industria y a la ciudadanía sobre las emisiones y transferencias de sustancias químicas potencialmente dañinas para el aire, el agua y el suelo.

El principal reto en materia de gestión de la calidad del aire es lograr el cumplimiento gradual de las normas oficiales mexicanas para la protección de la salud humana. Por ello, se requiere plantear la ejecución de acciones como el fortalecimiento de los indicadores de gestión de la calidad del aire, mantener actualizados los inventarios de emisiones, e incrementar el nivel de detalle para utilizarlos como insumo en la modelación de contaminantes, los cuales a su vez permitan formular escenarios de la reducción de emisiones por la implementación de diversas políticas, mitigación de Gases Efecto Invernadero y Contaminantes Atmosféricos, desarrollar esquemas para reconocer el compromiso, desempeño y ejecución de buenas prácticas ambientales en la industria federal y estatal, redoblar esfuerzos para atender a los cambios normativos que incluyen nuevos niveles de exigencia, reducir las emisiones de contaminantes criterio y climáticos de vida corta, mejorar la movilidad, eficientar la infraestructura verde, fortalecer la resiliencia al cambio climático, incrementar la participación del cumplimiento en la verificación vehicular, así como realizar la supervisión, seguimiento, monitoreo que permitirán cumplir las metas y objetivos propias del Programa Estatal de Verificación Vehicular, así como reubicar las actividades del sector ladrillero a sitios compatibles con la implementación de proyectos integrales.

El ProAire-GTO establece metas a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de reducir las emisiones de los contaminantes atmosféricos, así como gases de efecto invernadero para mejorar la calidad de vida y proteger la salud de los habitantes del Estado. Contempla la participación de los 46 municipios del estado de Guanajuato, dependencias estatales, e industria de competencia estatal y federal, mediante el desarrollo de medidas y acciones específicas de acuerdo con las necesidades propias, así como la identificación y suma de compromisos de los diferentes sectores de la población y de la sociedad civil. Una de las características importantes en el diseño del ProAire-GTO, se centra en que cada participante podrá adherirse durante el periodo de vigencia del Programa comprendido entre el 2021 al 2030. De esta forma, y para mejorar el proceso de seguimiento y evaluación de los compromisos establecidos por cada participante en el ProAire-GTO, se integró a través de los siguientes Capítulos: Municipios, Estado, Industria Estatal e Industria Federal.

Al arranque del Programa, los municipios que desarrollaron sus medidas y acciones en el Capítulo Municipios fueron Celaya, Irapuato, León, Purísima del Rincón, Salamanca, San Francisco del Rincón y Silao. En el Capítulo

Industria Estatal se contó con la participación de las empresas Bachoco, Sensient Flavors y Coprice ubicadas en el municipio de Celaya atendiendo la problemática de generación de olores en sus procesos productivos.

En lo específico las medidas y acciones del ProAire-GTO se centran en los siguientes temas:

- Fortalecer el Programa Estatal de Verificación Vehicular.
- Reducir episodios de altos niveles de contaminantes criterio mediante la mitigación de quemas a cielo abierto como pastizales, residuos sólidos urbanos, residuos agrícolas, y pirotecnia, la regulación de la industria municipal, estatal y federal asentada en el estado, y la mitigación de fuentes generadoras de material particulado.
- Impulsar la restauración y conservación de suelos
- Ampliar la cobertura de los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas.
- Reforestar las zonas con mayor impacto.
- Modificar y actualizar la normatividad en materia de aire.
- Desarrollar proyectos integrales para reubicación de hornos ladrilleros.
- Fortalecer actividades de educación ambiental, comunicación y difusión.
- Fortalecer el sistema de monitoreo de calidad del aire.
- Reducir las emisiones de contaminantes criterio y climáticos de vida corta.
- Mejorar la movilidad y promover modos de transporte de bajas emisiones.
- Fomentar el uso de combustibles limpios.
- Mejorar la gestión de los residuos sólidos.
- Desarrollar conocimiento científico que fortalezca la gestión de la calidad del aire.
- Fortalecer la promoción de la salud promoción la salud en la población.
- Fortalecer la participación coordinada con diferentes órdenes de gobierno y la población.
- Reducir emisiones de olores desagradables mediante la implementación de tecnologías de control de emisiones en procesos productivos industriales.

Introducción

Los ProAire son instrumentos marco de la política de gestión de la calidad del aire en el Estado, donde se refleja la distribución y coordinación de atribuciones de los tres órdenes de gobierno, así como del sector industrial y sociedad civil organizada, que puedan aportar co-beneficios en materia de calidad del aire y cambio climático. Tienen como propósito la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera que afectan la salud de la ciudadanía y el medio ambiente y el mejoramiento de la gestión de la calidad del aire en un esquema de gobernanza participativa.

A través de estos programas se logran aspectos tales como:

- Fomentar la participación de los tres órdenes de gobierno, el sector privado, la academia y la comunidad.
- Generar un diagnóstico de calidad del aire en la zona de estudio y sus efectos.
- Identificar las fuentes de emisión por tipo de contaminante, haciendo énfasis en los mayores emisores y su potencial de reducción.
- Identificar proyectos y programas que tengan co-beneficios en la calidad del aire.
- Definir medidas y acciones enfocadas a la prevención y reducción de emisiones, fortalecimiento institucional, protección a la salud, comunicación y educación ambiental.
- Realizar la ejecución, seguimiento y evaluación que determine el impacto y la efectividad de las políticas o acciones.
- Documentar la información que se derive de la ejecución y seguimiento y evaluación de cada una de las medidas que integran el ProAire.
- Motivar y apoyar a los actores involucrados en el cumplimiento de las políticas medioambientales, normas y acciones previamente consideradas.
- Fortalecer la implementación de proyectos y programas relacionados con la calidad del aire.

La política de gestión de la calidad del aire requiere de elementos fundamentales los cuales se encuentran inmersos en el presente documento ProAire-GTO:

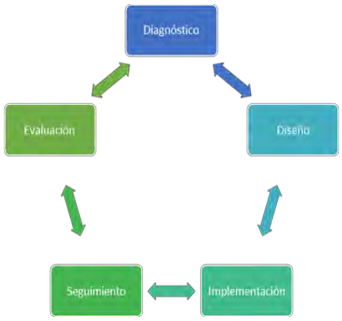


Figura 1. Ciclo de políticas de gestión de la calidad del aire.
Fuente: SEMARNAT,2022[2].

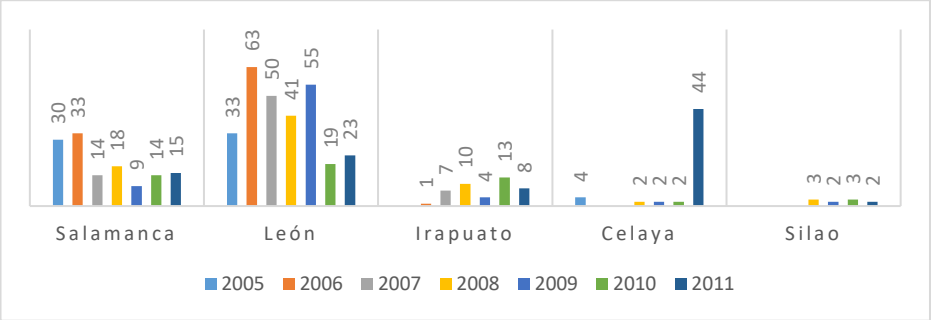
1. Un diagnóstico de la situación la calidad del aire donde se relacionan las características de la zona de estudio en términos físicos, económicos, sociales y culturales, y los vincula con el inventario de emisiones, los sistemas de monitoreo atmosférico, así como de sus implicaciones en la salud de la población y las acciones que han tomado sociedad y gobierno para atenderla.
2. Medidas y acciones para controlar y/o disminuir los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes antropogénicas, reducir sus impactos y mejorar la gestión integral de la calidad del aire.
3. Un mecanismo de evaluación y seguimiento del Programa, donde se establezcan indicadores y metas programadas en un cronograma, necesario para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el ProAire,

[2] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Tercera edición.

4. Un espacio multidisciplinario e intersectorial de acuerdo con la participación de todos los actores involucrados en todas las etapas de gestión de la calidad del aire[3].

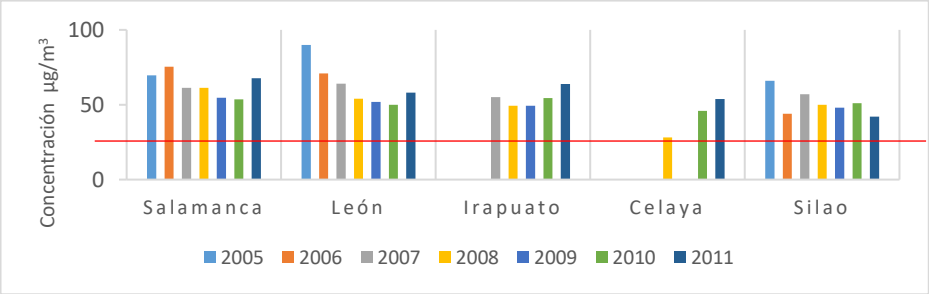
Antecedentes de los ProAire en el Estado de Guanajuato:

Salamanca, fue la primera ciudad en implementar acciones para mejorar la calidad del aire a través del ProAire, el cual surgió como una necesidad de proteger la salud de los habitantes ante los altos niveles de contaminación del aire que se registraron en la demarcación, en particular el bióxido de azufre (SO_2) y las partículas suspendidas (PM_{10}).



Gráfica 1. Días en que rebasó el valor de la norma para PM_{10}, NOM-025-SSA1-1993 en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao).

En la gráfica anterior, se observa que la ciudad de León y Salamanca reportaron el mayor número de excedencias según lo establecido en la NOM-025-SSA1-1993 para PM_{10}.

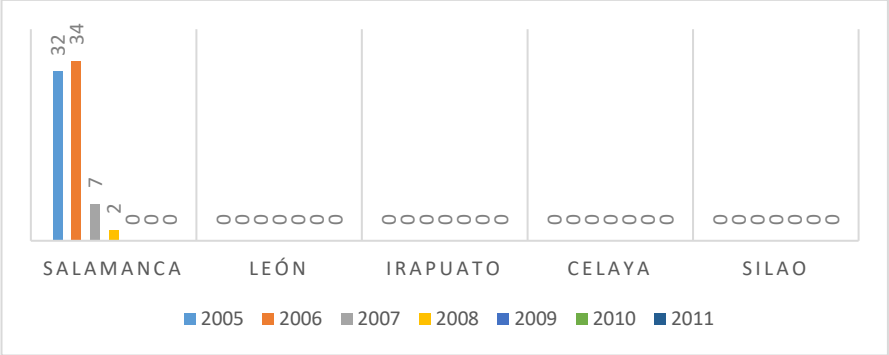


Gráfica 2. Concentración promedio anual de PM_{10}, en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao (la línea horizontal indica el valor de la NOM-025-SSA1-1993).

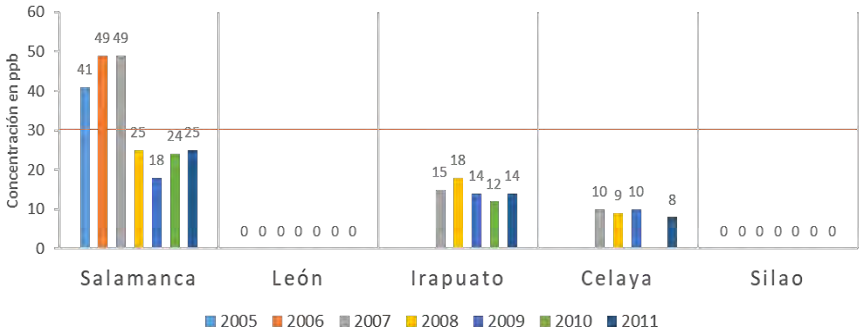
Así mismo, de acuerdo con los promedios anuales de concentraciones de partículas PM_{10}, las ciudades de Salamanca y León son los que reportaron mayor número de excedencias

En cuanto al contaminantes SO_2, la ciudad de Salamanca es la única que reportó el incumplimiento de la norma NOM-022-SSA1-1993, en el periodo del 2005 al 2008.

[3] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Tercera edición.

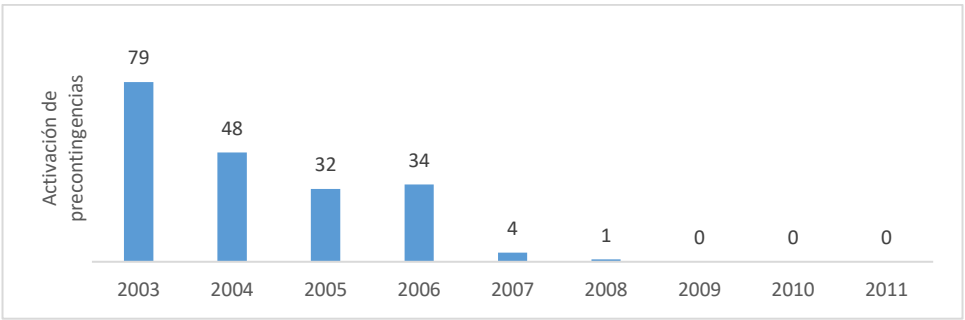


Gráfica 3. Días en que rebasó el valor indicado en la norma para SO_2, NOM-022-SSA1-1993 en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao.



Gráfica 4. Concentración promedio anual para SO_2, NOM-022-SSA1-1993 en el periodo del 2005 al 2011 en los municipios de Salamanca, León, Celaya, Irapuato y Silao.

Por la actividad productiva de la Refinería Ing. Antonio M. Amor y la Central Termoeléctrica, se generaban altas concentraciones de dióxido de azufre y partículas suspendidas en la ciudad de Salamanca, situación que llegó a propiciar contingencias ambientales atmosféricas, tan sólo en 2003 se activaron 79 precontingencias. Ante esta crisis, en el 2003 se puso en marcha el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2003-2006[4]. Este programa obtuvo resultados positivos al reducir significativamente las emisiones de estos dos contaminantes.



Gráfica 5. Activación de precontingencias por SO_2, a la NOM-022-SSA1-1993 (límite horario: de 130 ppb) en el periodo del 2003 al 2009 y la NOM-022-SSA1-1993 (Límite horario: 110 ppb) en el periodo del 2010 al 2013.
Fuente: Datos del Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca para SO_2.

[4] SAMA. 2006. Informe de resultados del Programa para Mejorar la Calidad del Aire Salamanca 2003-2006.

La Refinería Salamanca y la Central Termoeléctrica de Salamanca se adhirieron al ProAire, cumpliendo con los siguientes compromisos: Construcción y puesta en operación del Tren "A" de la Unidad recuperadora de azufre "SRU-2", Puesta en operación de la unidad recuperadora de gases residuales, Proyecto de Cogeneración de Pemex y CFE, que entró a operar en mayo 2017 y disminuyó el consumo de combustóleo; así como, las emisiones de azufre, ya que la refinería compra vapor a la central de cogeneración[5].

No obstante, de los esfuerzos asumidos, en 2006 aún se presentaban rebases a las normas de SO_2 y PM_{10}, así como Precontingencias ambientales para los mismos contaminantes, por lo que se tomó la determinación de implementar un segundo programa, el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012, el cual se puso en marcha en el año 2008 en el municipio de Salamanca[6]. Por ello, el ProAire dio continuidad e incorporó nuevas acciones que incidieron de manera directa en reducción de emisiones y sus costos.

En el año 2008 se firmó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en León 2008 - 2012, estableciendo acciones integrales para prevenir y controlar la contaminación atmosférica causada por la actividad del transporte, industria, los comercios y los servicios, así como gestiones que se incorporen al desarrollo urbano, rural y ecológico que, mediante el establecimiento de criterios claros para el uso y la conservación de los recursos naturales, favorezca el progreso de la región.

Adicionalmente a los avances de los ProAire, en 2013 se celebraron dos convenios regionales, con 7 municipios del estado, Celaya, Salamanca, Irapuato, León, Silao, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón. El primero de ellos tuvo por objeto establecer las bases para instrumentar el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022, y el segundo respecto del Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de León, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón y Silao de la Victoria 2013-2022, firmados el 2 de abril y el 13 de diciembre del 2013, respectivamente.



Figura 2. Evolución de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Guanajuato.

[5] SAMA. 2012. Cuarto Informe de Resultados del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012.

[6] SAMA 2012. Cuarto Informe de Resultados del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012.

1. Marco legal y normativo

1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En su artículo 4° establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

1.2 Marco Jurídico nacional e internacional.

1.2.1 Consejo de los Derechos Humanos sobre la Gestión de la Calidad del Aire.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) Establece en el artículo 140 del Reglamento Interno de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, recomienda orientar y evidenciar la importancia que tiene para el goce y 2/143 disfrute de los derechos humanos la calidad del aire y su relación con la formulación, actualización, publicación y acatamiento de la legislación en general y de las normas oficiales mexicanas, en especial, las relativas a la regulación de los contaminantes en la república mexicana, principalmente en las zonas urbanas, además de constituir un mecanismo de política pública dirigido a la promoción, respeto, protección y garantía de los derechos humanos a la salud, a un nivel de vida adecuado y a un medio ambiente sano.

1.2.2 Objetivos del Desarrollo Sostenible.

La Asamblea General de la ONU adoptó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible en 2015 (ONU, 2015). Esta agenda representa un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, dado que busca integrar y equilibrar las tres dimensiones del desarrollo sostenible –económica, social y ambiental– en una visión global e integral que incluye 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), 169 metas y 231 indicadores globales.

1.2.3 Estrategia Nacional e internacionales de Calidad del Aire.

Establece estrategias y líneas de acción para mejorar la calidad del aire en el territorio nacional con el objetivo de proteger la salud de la población, la flora y la fauna, con cinco ejes estratégicos, 21 estrategias y 69 líneas de acción que promueven la convergencia de responsabilidades con la finalidad de fomentar medidas de prevención, control y mitigación, desde diferentes sectores e instituciones para que conjuntamente se trabaje a favor de una mejor calidad del aire.

1.2.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Establece la distribución de facultades materia de políticas ambientales para los tres órdenes de gobierno. En su artículo 111 establece las facultades de la Semarnat para controlar, reducir, o abatir la contaminación atmosférica, mientras que el artículo 112 de la LGEEPA establece las atribuciones en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, en los bienes y zonas de jurisdicción local.

Para los programas de calidad del aire en las fracciones II, IV, V y XX se establecen las siguientes facultades del artículo 111:

II. Integrar y mantener actualizado el inventario de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera de jurisdicción federal, y coordinarse con los gobiernos locales para la integración del inventario nacional y los regionales correspondientes.

IV. Formular y aplicar programas para la reducción de emisión de contaminantes a la atmósfera, con base en la calidad del aire que se determine para cada área, zona o región del territorio nacional.

V. Promover y apoyar técnicamente a los gobiernos locales en la formulación y aplicación de programas de gestión de la calidad del aire, que tengan por objeto el cumplimiento de la normatividad aplicable.

XII. Aprobar los Programas de gestión de la calidad del aire elaborados por los gobiernos locales para el cumplimento de las normas oficiales mexicanas respectivas.

El artículo 112 de la LGEEPA establece las siguientes facultades relacionadas con calidad de aire y sus herramientas:

IV. Integrarán y mantendrán actualizado el inventario de fuentes de contaminación;

V. Establecerán y operarán, sistemas de verificación de emisiones de automotores en circulación;

VI. Establecerán y operarán, con el apoyo técnico, en su caso, de la Secretaría, sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Los gobiernos locales remitirán a la Secretaría los reportes locales de monitoreo atmosférico, a fin de que aquélla los integre al Sistema Nacional de Información Ambiental;

VII. Establecerán requisitos y procedimientos para regular las emisiones del transporte público, excepto el federal, y las medidas de tránsito, y en su caso, la suspensión de circulación, en casos graves de contaminación;

VIII. Tomarán las medidas preventivas necesarias para evitar contingencias ambientales por contaminación atmosférica. XI. Formularán y aplicarán, con base en las normas oficiales mexicanas que expida la Federación para establecer la calidad ambiental en el territorio nacional, programas de gestión de calidad del aire.

1.2.5. Ley General de Cambio Climático (2012) y su reglamento respectivo.

El Sistema Nacional de Cambio Climático está compuesto por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, el Consejo de Cambio Climático, así como los gobiernos de las entidades federativas, las asociaciones de gobiernos municipales y el Congreso. Ley de Cambio Climático para el Estado de Guanajuato y sus Municipios, tiene por objeto establecer las normas, principios y bases para:

La determinación de las autoridades competentes para la aplicación de la presente Ley;

El proceso de formulación, conducción y evaluación de la política estatal en materia de cambio climático;

La integración y actualización de información que sustente las decisiones en materia de mitigación y adaptación al cambio climático;

La participación corresponsable de la sociedad en las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático;

El fomento a la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático;

El fortalecimiento de las capacidades institucionales y sectoriales para enfrentar el cambio climático; y

El establecimiento y aplicación de instrumentos económicos que impulsen la aplicación de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

1.2.6 Ley General de Salud.

Establece que es materia de salubridad general la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre. Por ello, las autoridades sanitarias tienen la facultad de establecer las

normas, tomar las medidas y realizar las actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente. En materia de calidad del aire, las NOM de salud ambiental (SSA) que establecen los criterios para evaluar la calidad del aire y determinan el valor permisible para la concentración de contaminantes criterio, es decir, el ozono (O_3), el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), bióxido de nitrógeno (NO_2), partículas menores a 10 y 2.5 micras (PM_{10}, $PM_{2.5}$) y plomo (Pb).

1.2.7 Normas oficiales mexicanas.

NOM-041-SEMARNAT-2015, establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-047-SEMARNAT-2014, establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-050-SEMARNAT-2018, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-156-SEMARNAT-2012, regula el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

NOM-167-SEMARNAT-2017, establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; los métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas.

NOM-172- SEMARNAT-2023, establece los lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, con el fin de informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición.

NOM-025-SSA1-2021, establece los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

NOM-020-SSA1-2021, establece los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O_3). Valores normados para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

NOM-022-SSA1-2019, tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de dióxido de azufre en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana, así como los criterios para su evaluación.

NOM-023-SSA1-2021, establece los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2), como medida de protección a la salud de la población.

NOM-021-SSA1-2021, establece los Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO).

NOM-026-SSA1-1993, establece los criterios para evaluar la para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb).

1.3 Marco Jurídico estatal

1.3.1 Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.

Su última reforma publicada en el Diario Oficial el 23 de noviembre del 2021, tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como regular las acciones tendientes a proteger el ambiente del Estado de Guanajuato y sus Reglamentos.

En su artículo sección VIII, asesorar a los municipios en la creación de programas para el control de la contaminación.

En su artículo 108, integrará un registro de fuentes, emisiones y transferencia de contaminantes al aire.

En la sección segunda, artículos 114 al 116, se contempla la autorización, operación y funcionamiento de las emisiones generadas por las fuentes fijas. En su sección tercera, artículos 117 al 119, regula la emisión de contaminantes generados por las fuentes móviles.

1.3.2 Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

Su última reforma, reglamenta lo relativo a la prevención y control de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Artículo 8, establece la regulación de las fuentes fijas de competencia estatal

Artículo 35, establecer y mantener actualizado el Sistema Estatal de Información de la Calidad del Aire.

Artículo 42, promover y coordinar las acciones con diferentes instituciones del orden público y privado para la integración e implementación de Programas para Mejorar la Calidad del Aire.

Artículo 45, integración y funcionamiento del RETC.

Artículo 50, declaratoria de las contingencias ambientales atmosféricas.

1.3.3 Reglamento de la Ley para Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en Materia de Verificación Vehicular.

Tiene por objeto, regular el sistema de verificación obligatoria de emisiones de gases, humos y partículas contaminantes de los vehículos.

1.3.4 Programa Estatal de Verificación Vehicular.

Instrumento normativo de carácter obligatorio en todo el Estado a través del cual se determinan los tiempos y formas a los que se sujetarán los obligados a verificar, favoreciendo la medición y el control de las emisiones a la atmósfera provenientes de vehículos automotores.

1.3.5 Lineamientos de Infraestructura y Equipos para Centros de Verificación Vehicular.

Documento donde se contemplan las especificaciones de infraestructura de equipos y de sistemas informáticos, así como aquellas que deben cumplir las áreas funcionales de los centros de verificación vehicular autorizados que realicen la prueba dinámica, en los términos de la NOM-047-SEMARNAT-2014.

1.3.6 Guía para la acreditación de los centros de verificación vehicular del estado de Guanajuato.

Es un documento donde se establecen las especificaciones para que los centros de verificación vehicular del Estado de Guanajuato se acrediten como Unidades de Verificación Vehicular de conformidad con los requisitos de la Norma Mexicana NMX-EC-17020-IMNC-2014.

1.4 Normas estatales.

El cumplimiento de la normatividad en materia de calidad del aire en el estado de Guanajuato se sustenta en las siguientes normas:

1.4.1 Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-001/2010.

Establece las condiciones para ubicación y operación de fuentes fijas con actividad artesanal para la producción de piezas elaboradas con arcillas.

1.4.2 Norma técnica ambiental NTA-IEE-005/2007.

Norma Técnica Ambiental que establece especificaciones en manejo de residuos agrícolas.

1.4.3 Comisión Mixta para la Atención del Sector Ladrillero en el Estado de Guanajuato.

Creada por la SAMA el 22 de octubre del año 2022, con el objetivo de generar condiciones de desarrollo sustentable para el sector ladrillero en la entidad, a través de impulsar su avance económico, reducción de los impactos ambientales y mejorar las condiciones sociales de la población dedicada a dicha actividad.

1.4.4 Comisión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (COAIRE).

Creada por la SAMA el 05 de junio del 2019, con el objetivo de dar seguimiento y evaluación a los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire. Dicha comisión está integrada por gobierno estatal, municipal y representantes de la ciudadanía.

2. Diagnóstico de calidad del aire

El presente diagnóstico se desarrolló tomando como base el modelo Marco Analítico Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FMPEIR). Este modelo es una herramienta de organización y entendimiento de la problemática ambiental aplicada al desarrollo de los ProAire, (SEMARNAT, 2022)[7].

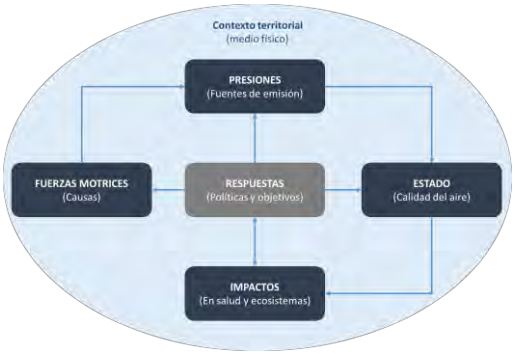


Figura 3. FMPEIR adaptada al diagnóstico del ProAire.
Fuente: Guía Elaboración ProAire, SEMARNAT 2022[8].

El objetivo del diagnóstico es presentar un análisis del contexto territorial del Estado de Guanajuato, donde se identifican los elementos físicos de la zona de estudio y las influencias y repercusiones que puede tener con la calidad del aire y la salud de la población.

Para mayor entendimiento del diagnóstico, a continuación, se describen cada uno de los componentes desarrollados:

Contexto territorial: Es el espacio geográfico en donde se desarrollan todos los elementos físicos del marco Analítico. Está caracterizado por la delimitación de la zona de estudio, el relieve, la hidrología, el uso de suelo y vegetación, la meteorología y climatología, la variabilidad climática anual y estacional en el estado, la dinámica de vientos y las cuencas atmosféricas.

Fuerzas motrices: Describen la evolución social, demográfica y económica de las sociedades y cambios correspondientes en los estilos de vida, el consumo y los patrones de producción. Los elementos que lo conforman son: sociodemográficos, asentamientos humanos, actividades productivas y económicas, demanda energética, movilidad, y dinámicas socioculturales.

Presión: Son aquellas actividades realizadas para satisfacer las necesidades sociales y económicas (causas) y que generan cambios en las condiciones atmosféricas, en este caso emisiones contaminantes a la atmósfera. La información presentada corresponde al Inventario de Emisiones Contaminantes Criterio y precursores, al Inventario de Gases y Compuesto de Efecto Invernadero, al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Estado: Se refiere a las condiciones de calidad del aire como resultado de la presión. En este apartado se hace mención del cumplimiento normativo, monitoreo atmosférico del estado de Guanajuato y de los municipios del corredor industrial, a la normatividad aplicada, a la presencia a las emisiones de olores ofensivos, al número de días con calidad del aire buena, regular o mala, y tendencias de cada uno de los contaminantes.

Impacto: En este componente se refiere al efecto producido por las malas condiciones de calidad del aire en la salud humana, misma que provoca un deterioro en la calidad de vida, bienestar y economía de la población. Se menciona los efectos de la contaminación del aire en la salud humana, estimaciones de impactos en la salud y de otra índole en algunos municipios del Estado.

[7] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Tercera edición.

Respuesta: Corresponde a las acciones que pretenden dar solución o prevenir las malas condiciones de calidad del aire, para mejorar la calidad de la vida de la población y de los ecosistemas.

2.1 Contexto Territorial

2.1.1 Delimitación de la zona de estudio

El Estado de Guanajuato se encuentra ubicado en la zona central de la República Mexicana los 19°55'08" y los 21 °52'09" de latitud norte y entre los 99°39'06" y los 102°05'07" de longitud oeste; colinda por el norte con los estados de Zacatecas y San Luis Potosí; por el sur con el estado de Michoacán; por el este con Querétaro, y por el oeste con Jalisco. Cuenta con 46 municipios y 8,995 localidades distribuidas por todo el territorio; en conjunto constituyen una superficie de 30,608 km^2 lo que representa el 1.56% del territorio nacional, ocupando así el lugar número 22 (INEGI, 2019)[8].

El paisaje de Guanajuato muestra situaciones de contraste, desde la presencia de serranías escarpadas, poco habitadas y con escasa comunicación en la Sierra Madre Oriental, hasta la de poblaciones tan importantes como León e Irapuato, ciudades bien comunicadas, enclavadas en el Bajío, gran llanura fértil, con obras de irrigación de tal magnitud que han convertido a esta región en la zona agrícola más importante del país. La ganadería, la minería y la prestación de servicios son junto con la agricultura, las principales ramas de actividad del estado. Guanajuato, San Miguel de Allende y Dolores Hidalgo, localidades que fueron escenario de acontecimientos históricos de gran relevancia, son hoy lugares de atractivo turístico; lo son también la región de lagos y volcanes al sur del estado, y en otro contexto, sitios de la majestuosidad de la Sierra Madre Oriental.

El Estado de Guanajuato forma parte de la zona denominada El Bajío, el cual posee un amplio potencial de desarrollo económico, al estar ubicado entre dos de las más importantes zonas metropolitanas del país: la del Valle de México y la de Guadalajara.

Guanajuato es pieza clave, pues posee una importante zona de comunicación donde se localizan cinco ciudades con fuerte presencia de empresas nacionales e internacionales en parques industriales, así como de centros de investigación y centros educativos importantes, que detonan y mejoran la economía local y regional: Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, León, Silao, Irapuato, Salamanca y Celaya.



Figura 4. Localización de los principales municipios del Corredor Industrial en Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2019)[9].

La suma de las superficies de los municipios en cuestión es de 4,637 km^2, lo que representa sólo un 15% del total de la superficie estatal, como bien se muestra en la tabla siguiente:

[8] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

[9] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

Tabla 1. Extensión territorial de los principales municipios del Corredor Industrial.
Fuente: (INEGI,2019)[10].

Extensión territorial		
Municipio	**Área, km²**	**% Estado**
007 Celaya	553	2%
017 Irapuato	851	3%
020 León	1,220	4%
025 Purísima del Rincón	290	1%
027 Salamanca	757	2%
031 San Francisco del Rincón	426	1%
037 Silao de la Victoria	539	2%
Total corredor	**4,637**	**15%**
Total Estado	**30,608**	**100%**

2.1.2 Relieve

Guanajuato está cruzado por diversos accidentes orográficos, cuyas elevaciones fluctúan entre los 2,300 metros y los 3,000 metros sobre el nivel del mar. La altura media del relieve topográfico se estima en 2,305 metros para las partes altas y en 1,725 metros para las llanuras. El suelo, topográficamente hablando, es muy accidentado. Entre las elevaciones más notables, se pueden citar la Sierra Gorda al norte y al centro con dirección al noroeste, ocupando el 4.86% del territorio estatal; al sureste se localiza la Sierra de Guanajuato, la cual se une al noroeste con la de Comanja o de Ibarra, y al este con la de Codorniz. Estas sierras atraviesan la entidad de poniente a oriente y ocupan el 35.20% del territorio estatal, para dividirla en tres zonas (INEGI, 2017)[11].

La primera zona corresponde al Bajío Guanajuatense o simplemente el Bajío, que es una región llana, interrumpida por algunos lomeríos y cerros aislados, destacando la Gavia y el Culiacán; y cráteres extinguidos en Salamanca, Valle de Santiago y Yuriria. Esta región ocupa toda la parte del estado que se ubica al sur de la Sierra de Guanajuato. Se caracteriza por una llanura de 1,700 a 1,800 metros de altitud sobre el nivel del mar y en su mayoría está ocupada por labores agrícolas altamente tecnificadas. La precipitación pluvial anual promedio es de 700 mms, y se considera que las tierras de esta zona son de las más ricas del país (INEGI, 2017)[3].

La segunda zona está formada por la Sierra de Guanajuato, compleja en cuanto a paisajes, se caracteriza por la alternancia de zonas de laderas abruptas y cañadas ramificadas con algunas mesetas alargadas y una altura promedio de 2,305 metros sobre el nivel del mar. La precipitación pluvial es de 400 a 600 mms anuales, y sus suelos son de tipo chernozem, por lo que se le considera con una mayor aptitud ganadera.

La tercera zona corresponde a la región del norte de la Sierra de Guanajuato, en la que también predominan los llanos y algunas mesetas o cerros rocosos. El nivel promedio es de 2,600 metros sobre el nivel del mar, y se caracteriza por ser una zona seca, mejor conocida por los llanos del Norte.

[10] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

[11] INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2017.

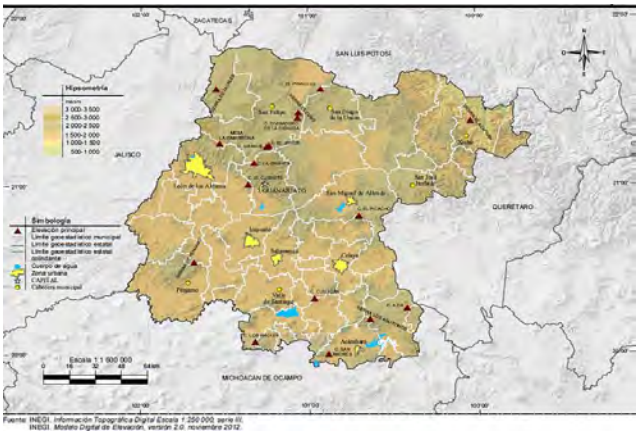


Figura 5. Orografía del Estado de Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2017)[3].

2.1.3 Hidrología

Las aguas superficiales del Estado de Guanajuato están distribuidas en dos regiones hidrológicas: RH12 "Lerma-Santiago" y RH26 "Pánuco". La región hidrológica RH12 "Lerma-Santiago" cubre el 82.54% de la superficie del estado, abarcando el centro y sur de la entidad y pertenece a la vertiente del Océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Lerma-Toluca (2.84%), Río Lerma-Salamanca (34.57%), Río Lerma-Chapala (3.37%), Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo-Yuriria (4.33%), Río Lajas (32.29) y Río Verde Grande (5.14%). Las corrientes más importantes son el río Lerma y el río Laja (INEGI, 2019)[12].

El río Lerma es el más largo de los ríos interiores con un recorrido de 708 km; nace en el estado de México, atraviesa el valle de Toluca, entra al estado de Guanajuato y desemboca en el lago de Chapala entre Jalisco y Michoacán. Es una importante fuente hídrica para riego de cultivo y para la generación de energía; sobre su cauce está ubicada la Presa Solís, con capacidad de 1,217 millones de metros cúbicos.

El río Laja es uno de los afluentes más importantes del río Lerma, nace sobre la Sierra de Guanajuato y tiene un recorrido de 250 km. Su cuenca se encuentra situada en la parte centro-noroeste del Estado. Sobre su cauce está ubicada la Presa Ignacio Allende con capacidad de 251 millones de metros cúbicos; la segunda más grande del estado. Dentro de esta región hidrológica se ubican las lagunas de Yuriria y de Cuitzeo, que son las principales de Guanajuato.

La región hidrológica RH23 "Pánuco" cubre el 17.45% de la superficie del estado en el extremo norte y noreste. Pertenece a la vertiente del Golfo de México. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Tamuín (13.95%) y Río Moctezuma (3.50%). Dichas cuencas se conforman de ríos y arroyos que nacen en la Sierra Gorda, fluyendo hacia el norte por cañadas profundas y valles angostos. Los ríos más importantes de estas cuencas en Guanajuato son: Santa María, Manzanares, la Pileta, Xichú y Victoria. En la cuenca del Pánuco únicamente se encuentran obras de dimensiones menores como bordos y represas, (INEGI, 2019)[13].

En referencia a las aguas subterráneas la CONAGUA tiene delimitados 18 acuíferos en la entidad, de los cuales 16 están sobreexplotados. En general el estado presenta un balance hídrico negativo; es decir que la extracción supera a la recarga, con un déficit de 790 millones de metros cúbicos. Los acuíferos más sobreexplotados son: 1113 Valle de León, 1119 Irapuato-Valle, 1115 Valle de Celaya y 1120 Pénjamo-Abasolo. En estos cuatro el déficit es de 603 millones de metros cúbicos.

[12] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

[13] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

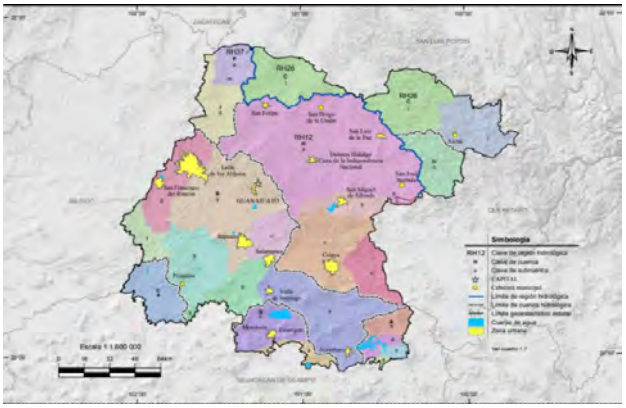


Figura 6. Hidrología del Estado de Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2017)[14].

2.1.4. Edafología

El estado de Guanajuato presenta suelos de tipo Vertisol, gracias a la diversidad de formas topográficas (topoformas) de la zona. Particularmente, éstos se asocian con otros suelos como: Litosol, Feozem háplico, Luvisol vértico y férrico y Gleysol mólico. En cuanto a la vegetación del Estado predominan los pastizales que se distribuyen en todo el estado; al norte destacan los bosques de coníferas y encinos; al noroeste hay matorrales.

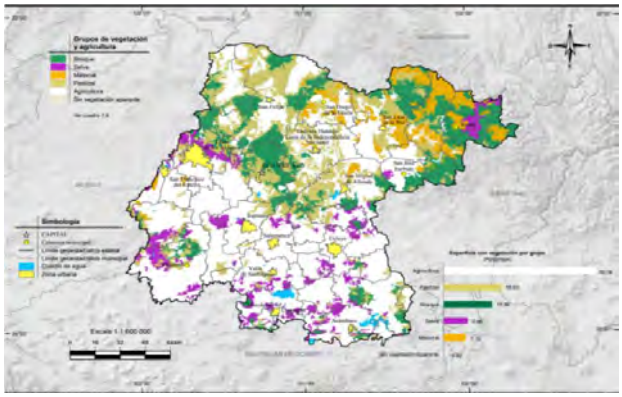


Figura 7. Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2017)[15].

2.1.5 Meteorología y climatología

El 43% de la superficie del estado está representado por clima seco y semiseco, localizado principalmente en la región norte; 33% de la superficie, hacia la parte suroeste y este, se presenta el clima cálido subhúmedo y 24% restante presenta clima templado subhúmedo. La temperatura media anual es de 18°C. La temperatura promedio más alta es alrededor de 30°C, se presenta en los meses de mayo y junio y la más baja, alrededor de 5.2°C, en el mes de enero. Las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de aproximadamente 650 mm anuales. Gracias al tipo de suelo y clima, Guanajuato es un estado que se caracteriza por su producción agrícola de cultivos tales como maíz, frijol, cebada, trigo, linaza, garbanzo, además de durazno, manzana ajo, alfalfa, avena, cebada, centeno, jitomate, remolacha, sorgo y chabacano entre otros (SAMA, 2019. SEBIO)[16].

[14] INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2017.

[15] INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2017.

[16] SAMA. 2019. Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad de Recursos Naturales del Estado de Guanajuato.

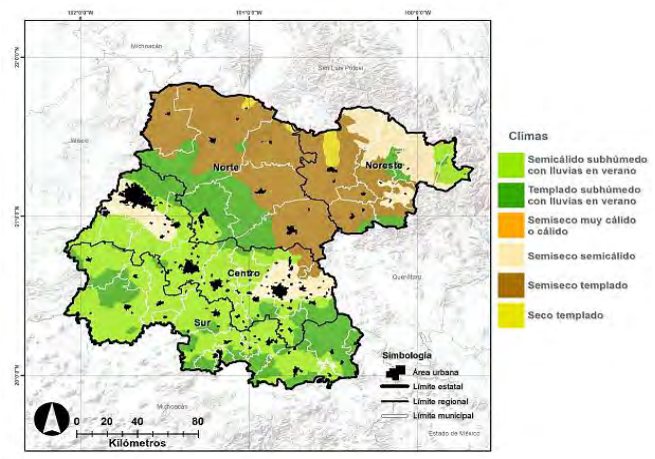
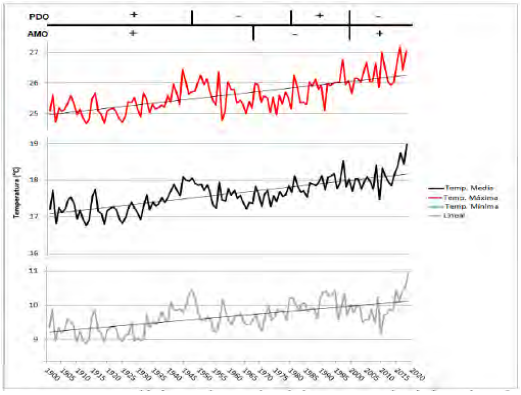


Figura 8. Climas en el Estado de Guanajuato.
Fuente: (SAMA, 2019. SEBIO)[17].

2.1.6. Variabilidad climática anual y estacional en el estado

Según estimaciones realizadas, la temperatura media anual en el estado de Guanajuato se incrementó entre 1.07 °C y 1.11 °C, de 1901 a 2019. El calentamiento reciente ha sido de mayor intensidad en las regiones al sur y sureste de la entidad y es menor hacia el noreste (SAMA, 2021. DCEG)[18].

Las temperaturas en el estado de Guanajuato, aunque varían por región, tienden a ser cada vez más calurosas, lo que afecta los ciclos de lluvias anuales, concentrando una mayor cantidad de lluvia en pocos días, ocasionando así inundaciones que provocan afectaciones sociales y económicas. A la par de esto, la concentración de un mayor volumen de lluvias menos frecuentes prolonga los periodos de días secos, lo que aumenta la ocurrencia de sequías cuyas consecuencias son el avance de la desertificación, agravamiento de la crisis hídrica, aumento de la vulnerabilidad de la población, afectaciones en la agricultura de temporal, escasa disponibilidad de agua, vegetación reducida por no contar con condiciones climáticas para su desarrollo, incremento de quemas de pastizales y por ende deterioro de las condiciones de calidad del aire (SAMA, 2021, DCEG)[19].



Gráfica 6. Temperatura anual (°C) y su tendencia en el Estado de Guanajuato.
Fuente: (SAMA, 2021, DCEG)[20].

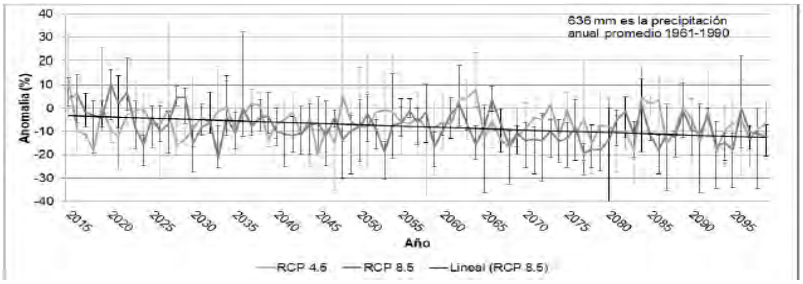
[17] SAMA. 2019. Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad de Recursos Naturales del Estado de Guanajuato.

[18] SAMA. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato (DCEG).

[19] SAMA. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato.

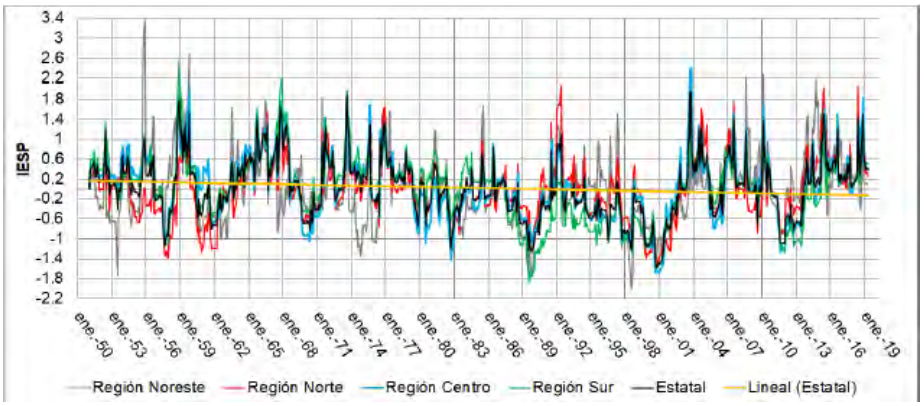
[20] SAMA. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato.

En relación con la precipitación, ésta aumentó su total anual en el estado entre 52.0 mm y 71.9 mm en los últimos 20 años, mayormente en el sureste y en menor medida en noroeste de la entidad (SAMA)[32].



Gráfica 7. Cambios en la lluvia en el Estado de Guanajuato bajo escenarios de cambio climático, con respecto al promedio de 1961-1990.
Fuente: (SAMA, 2021. DCEG)[21].

Al mismo tiempo, debido a la reducción de las lluvias en algunos meses, en 2011 hubo una sequía meteorológica extrema en la mayor parte del estado, y en el primer semestre de 2018 y 2019, una sequía de moderada a intensa (SAMA, 2021. DCEG)[22].



Gráfica 8. Índice mensual estandarizado de sequía pluviométrica en el Estado de Guanajuato.
Fuente: (SAMA, 2021. DCEG)[23].

2.1.7 Cuencas atmosféricas

Los esfuerzos por comprender el comportamiento atmosférico de la región y la interacción entre las fuentes de emisión en ciudades del corredor industrial, como Salamanca y León, permitieron que se estudiará el término de cuenca atmosférica y así mismo definir las características y límites de esta.

El uso de cuencas atmosféricas como unidad espaciotemporal permite una mejor gestión de la calidad del aire. Al igual que como se trabaja en la hidrología por medio de cuencas, en las cuales el ciclo hidrológico y la administración del agua quedan delimitados por fronteras topográficas, en la gestión de la calidad del aire se definen dominios de acción en donde los factores geofísicos como la orografía y la dinámica de la atmósfera, son tomadas en cuenta, más allá de delimitaciones puramente políticas.

[21] Secretaría del Agua y Medio Ambiente. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato.

[22] SAMA. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato.

[23] SAMA. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato.

Una cuenca atmosférica es una parte de la atmósfera que se comporta de manera coherente con respecto a la dispersión de emisiones. Típicamente forma una unidad de gestión o de análisis de la calidad del aire. De acuerdo al reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, una Cuenca Atmosférica es un espacio geográfico, el cual está parcial o totalmente delimitado por elevaciones montañosas u otros atributos naturales, con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la misma, y en ciertos casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas.

A partir de estudios que entre los años 2007 y 2010 por parte del entonces Instituto Nacional de Ecología (hoy Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC) con colaboración con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (hoy Secretaría del Agua y Medio Ambiente, SAMA), se dieron a la tarea de aplicar una metodología que considera factores meteorológicos y topográficos, y uso de softwares especializados, con el fin de caracterizar e identificar las principales cuencas atmosféricas del Estado.

Así pues, derivado de los resultados obtenidos y con la finalidad de comprender mejor el impacto regional en la calidad del aire, en las siguientes imágenes se presenta la delimitación de las cuencas primarias (donde se concentra el 75% de las emisiones totales) para las tres temporadas anuales: fría, cálida y de lluvias, lo que permitirá abrir el panorama para comprender el comportamiento de los contaminantes y su interacción en la atmósfera.



Figura Izquierda cuencas atmosféricas primarias de León y Salamanca. Temporada cálida (marzo, abril, mayo), figura derecha Cuencas atmosféricas primarias de León y Salamanca. Temporada de lluvias (junio, julio, agosto y septiembre).

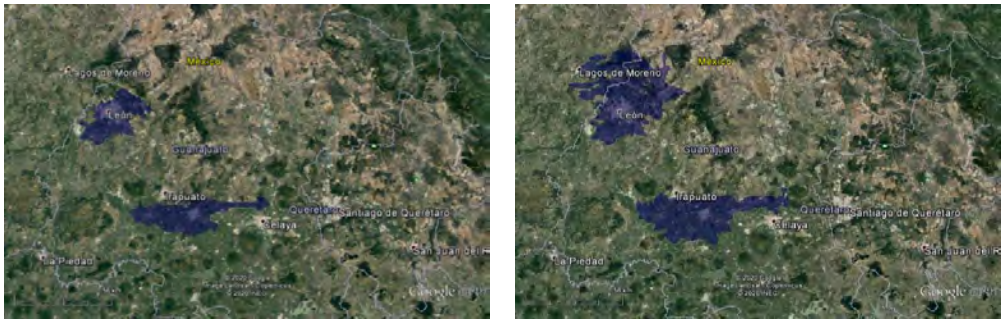


Figura izquierda se presentan las cuencas atmosféricas primarias de León y Salamanca. Temporada fría (octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero); figura derecha cuencas atmosféricas primarias de León y Salamanca.

Figura 9. Cuencas atmosféricas primarias de León y Salamanca. Anuales.
Fuente: Centro de Información de la Calidad del Aire, SAMA.

Como puede apreciarse en los mapas anteriores, las cuencas primarias, que corresponden tanto a León y Salamanca, independientemente de la temporada, no tienen una influencia alguna directa una sobre otra; en otras palabras, son enteramente independientes, por lo que las emisiones antropogénicas producidas dentro de las mismas tendrán un comportamiento distinto.

2.1.8 Dinámica de Vientos

De acuerdo a los registros de las estaciones de monitoreo de los municipios del corredor industrial en donde se ha monitoreado continuamente la meteorología, incluyendo la dirección y velocidad de viento, se puede observar en las siguientes imágenes de las rosas de vientos, para los municipios de León y Silao la predominancia de los vientos es proveniente del suroeste principalmente en León; Silao muestra un comportamiento similar, sin embargo también tiene predominancia en el cuadrante del sur, sureste, en cuanto a la velocidad de los vientos, se registra en Silao mayor calma con vientos con una intensidad en promedio de 0.5 a 2.10 m/s, siendo similar en León.

Para el municipio de Irapuato la mayor predominancia de los vientos es proveniente del sureste, con una velocidad promedio de entre 0.5 a 2.10 m/s y 2.10 a 3.60 m/s; mientras que Salamanca, aunque comparten una misma cuenca atmosférica, la predominancia de los vientos es proveniente del este, con una velocidad en algunas ocasiones un poco con mayor intensidad que en Irapuato, llegando a tener vientos también de 3 a 5.7 m/s.

En cuanto al municipio de Celaya, se tiene una mayor frecuencia, en vientos provenientes del noreste principalmente, con un poco más de variación en cuanto a la velocidad de los vientos, desde 0.5 a 2.10 m/s hasta de 5 a 3.70 m/s.

Interpretación de las tonalidades de las rosas de viento, en m/s.



Figura 10. Vientos predominantes de las ciudades del Corredor Industrial.
Fuente: Centro de Información de la Calidad del Aire (CEICA), SAMA.

Tabla 2. Datos promedio de la dirección de viento.
Fuente: Centro de Información de la Calidad del Aire (CEICA), SAMA.

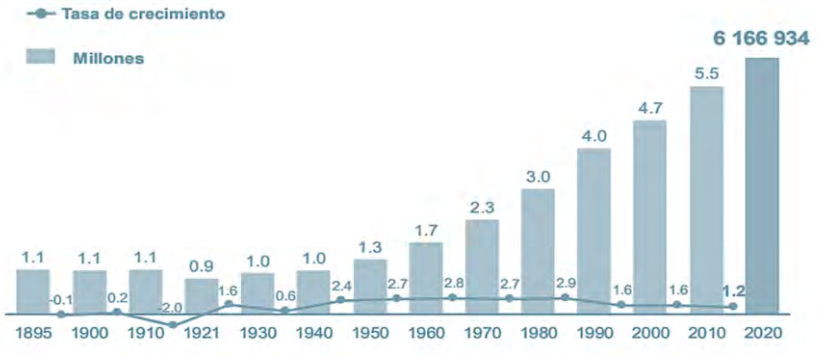
Ciudad	Dirección
Celaya	Noreste
Salamanca	Este
Irapuato	Noreste, Sureste
Silao	Sur, suroeste
León	Suroeste

2.2 Fuerzas motrices

Las fuerzas motrices son aquellos aspectos socioeconómicos que ejercen presiones o influencias sobre el estado de las condiciones de calidad del aire. Están relacionadas con asentamientos humanos, crecimiento de la población, patrones de consumo y producción, estilos de vida, necesidades de movilidad de personas y productos, aumento de producción en empresas y consumos energéticos, entre otras.

2.2.1 Elementos sociodemográficos

La superficie territorial del estado de Guanajuato comprende una superficie de 30, 608 Km^2 lo que representa el 1.6% del territorio nacional. En 2020 cuenta con una población de 6 millones 166 mil 934 habitantes, ocupando la sexta posición a nivel nacional, lo que significó una tasa de crecimiento anual de 1.47 % en los últimos 10 años (INEGI, 2020)[24].



Gráfica 9. Población total y tasa de crecimiento promedio anual 1895-2020.
Fuente: (INEGI, 2019)[25].

Del total de la población en el estado de Guanajuato el 51.5% son mujeres y el 48.6% son hombres, la densidad de población se estima a razón de 201.5 (hab./km^2), (INEGI, 2020)[26].

La población de Guanajuato está transitando a edades cada vez mayores, al mismo tiempo disminuyen los nuevos nacimientos y la población joven; Lo anterior implica para el estado una mayor inversión en salud y seguridad social orientada a las personas con mayor edad.

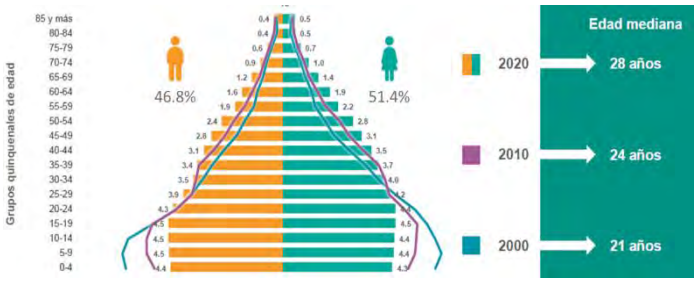


Figura 11. Población de Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2020)[27].

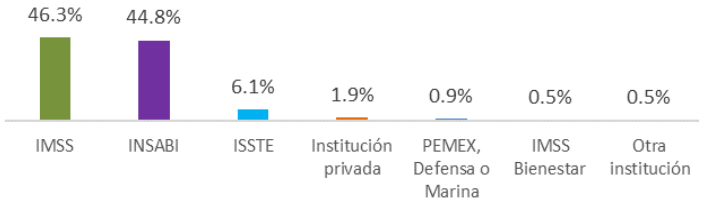
[24] INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.

[25] INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.

[26] INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.

[27] INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.

Las principales causas de muerte son enfermedades del corazón, diabetes mellitus y tumores malignos. Las defunciones generales registradas en el estado de Guanajuato en 2019 fueron 37,347. El 79% de la población se encuentra afiliada a algún servicio de salud.



Gráfica 10. Afiliaciones a servicios de salud.
Fuente: (INEGI, 2020)[28].

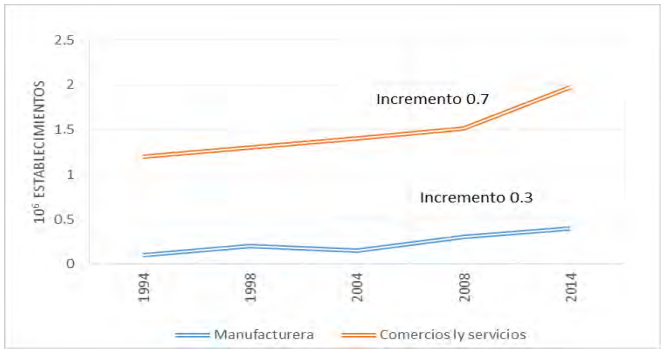
2.2.2 Actividades económicas y productivas

Guanajuato está localizado en el centro del país, dentro del llamado triángulo dorado, Ciudad de México-Guadalajara-Monterrey, donde en un radio de 400 km se encuentra localizada el 60% de la población, 80% del mercado mexicano, 70% del comercio internacional y 70% de la industria automotriz mexicana. Es el centro logístico más importante, ya que cuenta con excelentes carreteras, vías férreas y un aeropuerto internacional, así como la aduana interior más moderna del país.

De acuerdo con el INEGI, hasta agosto del 2018, la actividad industrial se incrementó en un orden del 11.3% anual. Este dinamismo se ve reflejado en la apertura de diversos complejos industriales en el último trienio. De acuerdo con la información disponible en la Asociación de Parques Industriales Privados del Estado de Guanajuato (APIPEG) y el Sistema Mexicano de Promoción de Parques Industriales (SIMMPI), el estado cuenta con 36 parques y ciudades industriales[29], con importante disponibilidad de terrenos, ubicados principalmente en Celaya, Apaseo el Grande y Silao.

El crecimiento de la infraestructura impulsó la producción de la industria manufacturera en el Estado, colocándolo entre las entidades federativas con mayor valor de la producción manufacturera y con un crecimiento económico promedio anual de 5.5% en 2017.

Entre las principales actividades productivas que se desarrollan en el estado se encuentran: el comercio, la construcción, la industria manufacturera, la industria alimentaria, y los comercios y servicios municipales.



Gráfica 11. Crecimiento de industria manufacturera y de comercios y servicios en el Estado de Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2020)[30].

[28] INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.

[29] Solo se registran parques para los cuales se cuenta con información.

[30] INEGI. Censos Económicos. 2020.

Los sectores estratégicos en el estado son: agroindustrial, autopartes-automotriz, productos químicos, cuero-calzado y confección-textil-moda, servicios de investigación, turismo, equipo médico, farmacéuticos y cosméticos.

De acuerdo con el Informe Doing Business 2016, publicado por el Grupo Banco Mundial, que clasifica a las economías por su facilidad para hacer negocios, el Estado ocupa el 6° lugar en México.

En el rubro de infraestructura productiva, Guanajuato cuenta con nueve incubadoras de negocios, así como un aeropuerto internacional, un aeropuerto nacional y diez aeródromos.

Guanajuato es el sexto estado que más Producto Interno Bruto (PIB) aportó durante el 2020 lo que representa el 4.3% y equivale a 949 mil 404 millones de pesos (INEGI, 2020)[31].

La siguiente tabla muestra la Producción Bruta Total por municipio para el año censal 2018. Este indicador de producción refleja, de acuerdo con el INEGI, el valor de todos los bienes y servicios producidos o comercializados por la unidad económica como resultado del ejercicio de sus actividades, comprendiendo el valor de los productos elaborados. Se muestra tanto la suma de la producción de todas las actividades económicas en el Estado y los municipios del corredor, como la producción de la actividad específica de la Industria Manufacturera, para su comparación, en millones de pesos.

Tabla 3. Producción Bruta Total (PBT).

PRODUCCIÓN BRUTA TOTAL (PBT), 2018, (MILLONES DE PESOS)		
MUNICIPIO	**PBT TOTAL**	**PBT IND MANUFACTURERA**
007 CELAYA	176,773.28	138,995.21
017 IRAPUATO	158,197.54	120,720.25
020 LEÓN	242,898.86	106,263.78
025 PURÍSIMA DEL RINCÓN	9,403.62	7,804.57
027 SALAMANCA	237,861.66	222,869.42
031 SAN FRANCISCO DEL RINCÓN	14,590.44	9,175.79
037 SILAO DE LA VICTORIA	287,097.97	272,785.28
TOTAL, CORREDOR	**1,126,823.37**	**878,614.31**
TOTAL, ESTADO	**1,364,944.42**	**1,050,831.14**

Fuente: INEGI - Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

De la tabla anterior se puede visualizar claramente la importancia económica de los municipios del Corredor Industrial: de la PBT total del Estado, dichos municipios contribuyen con el 83%, siendo Silao el municipio que más contribuye, con un 21%. Mientras que, si consideramos la PBT de la industria manufacturera, dichos municipios del Corredor aportan el 84% del total estatal, y de igual manera, Silao a la cabeza, con un 26%.

2.2.3 Asentamientos humanos

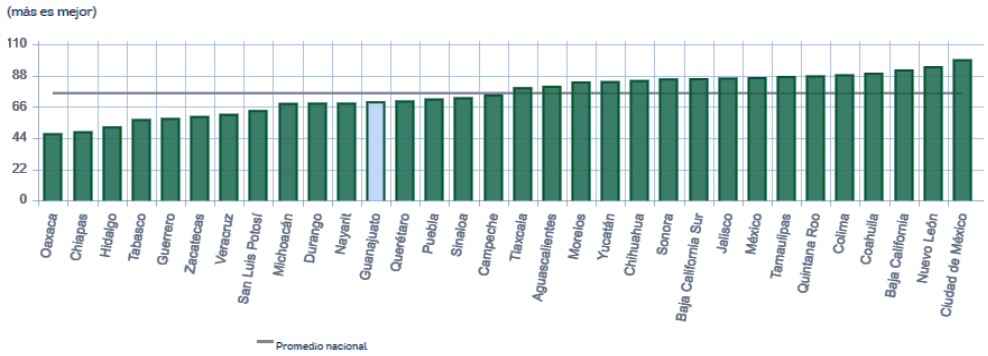
El desarrollo económico del estado ha impulsado un crecimiento poblacional acelerado, lo que se ha traducido en el desarrollo de asentamientos humanos ocupando territorios utilizados anteriormente para otro uso como el agrícola o forestal. Lo anterior, genera presión en nuevos territorios, con alto valor ambiental y plusvalía, así como con altas condiciones de riesgo.

Estos asentamientos urbanos y rurales demandan constantemente el desarrollo de infraestructura diversa, destacando la necesidad de conectividad, movilidad, salud, áreas verdes y esparcimiento. Es necesario el ordenamiento de los asentamientos periurbanos, rurales y de estos proyectos de infraestructura, buscando aprovechar de la mejor manera la aptitud y potencialidad del territorio, así como considerar los factores de riesgo de dichos territorios.

El estado de Guanajuato tiene un índice de urbanización del 69.9%, que, aunque represente una cifra elevada, se coloca como la doceava entidad federativa con menos población en localidades del ámbito urbano. En Guanajuato hay 8,641 localidades rurales y 168 urbanas (IPLANEG 2014)[32].

[31] INEGI. 2020. Censos Económicos.

[32] Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del Estado de Guanajuato. 2014.



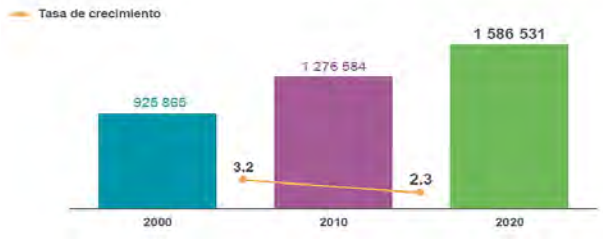
Gráfica 12. Índice de urbanización por entidad federativa.
Fuente: (IPLANEG, 2014).

Los municipios con mayor densidad de población son León, Irapuato, Celaya, así mismo los municipios con menor densidad poblacional son Atarjea, Santa Catarina y Santiago Maravatío.



Figura 12. Distribución de la población en Guanajuato.
Fuente: (INEGI, 2019)[33].

El INEGI contabilizó en 2020 un total de 1,586,631 viviendas particulares habitadas, el promedio de ocupantes por vivienda es 3.9, el promedio de ocupantes por cuarto es de 1.0, las viviendas con piso de tierra representan el 2.3 %.



Gráfica 13. Viviendas particulares habitadas y tasa de crecimiento promedio anual.
Fuente: (INEGI, 2020)[34].

[33] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censos Económicos 2019. Resultados definitivos. Año censal 2018.

[34] INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.

2.2.4 Demandas energéticas

El Estado de Guanajuato es considerado uno de los más influyentes en la historia del país. Su ubicación le permite tener una amplia comunicación e intercambio de productos y servicios tanto en el ámbito nacional como internacional. El aprovechamiento de dicha situación y el impulso a diversos sectores ha permitido que el Estado se consolide como una de las principales economías del país, ocupando la sexta posición con respecto al PIB durante el 2019 (INEGI, 2020).

Por lo mismo, el sector energético, tanto en el sector eléctrico como de hidrocarburos, es de gran relevancia para el correcto funcionamiento de las actividades necesarias dentro y fuera del Estado, tanto para satisfacer las necesidades diarias de la población como para los sectores productivos, de servicios y de transporte.

En este sentido, el Estado cuenta con una infraestructura energética, de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica como en el sector petrolífero. Particularmente destaca la Refinería de Salamanca, cuya importancia ha sido el impulso al desarrollo económico y social de la región durante 70 años.

El Estado de Guanajuato ha establecido metas para el año 2040 en su Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato 2040 (PEDUOET 2040), donde se considera al sector energético fundamental en el desarrollo de la sociedad guanajuatense. Dentro del mismo, el impacto del tema energético sobresale en la dimensión económica y la dimensión de medio ambiente y territorial. Dentro de la dimensión económica se busca implementar una estrategia energética basada en fuentes limpias y renovables, así como impulsar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de fuentes de energía alternativas. Dentro de la dimensión de medio ambiente y territorio, se plantea la disminución del impacto en los recursos naturales, la promoción y desarrollo de fuentes renovables, aumento en la eficiencia energética, así como el desarrollo de asentamientos sostenibles.

La industria energética se puede conceptualizar como una cadena en la que los energéticos primarios como el petróleo, el gas natural, el sol o el viento son extraídos o capturados por procesos para ingresarlos a un sistema donde después son transformados en los energéticos derivados del petróleo (diésel, gasolina, GLP, etc.), gas natural seco o electricidad. Los productos ya transformados reciben el nombre de energéticos secundarios. Posteriormente, la cadena energética termina con el consumo de los energéticos de uso final.

Según el balance de energía de Guanajuato[35], la producción de energía primaria en el Estado de Guanajuato creció un 71.7% en el periodo 2016 a 2019. Este crecimiento se debió a la instalación de varios proyectos renovables, principalmente parques solares fotovoltaicos, calentadores solares y centrales de aprovechamiento del biogás. En 2019, alcanzó los 8.38 Petajoules (PJ), de los cuales un 54% lo representa el consumo de leña, y un 45% la generación fotovoltaica; siendo minoritaria la generación con biogás e hidroeléctrica.

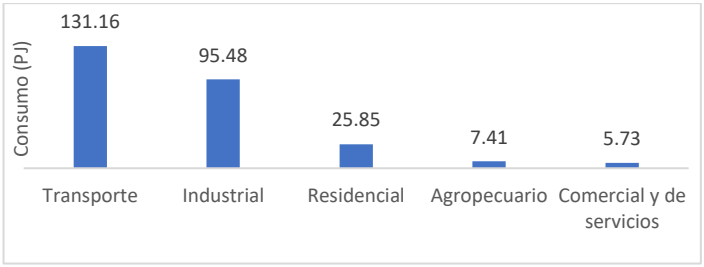
La producción de productos refinados en el Estado de Guanajuato se ha reducido en volumen acorde a la reducción del factor de actividad de la refinería, del 88% en 2013, a un 42% en 2019. Además, la evolución del conjunto de productos refinados permite observar como el empleo cada vez mayor de crudo pesado, ha aumentado los productos refinados pesados como el combustóleo o asfalto, en 2.4% mientras que la de gasolina y diésel se ha reducido un 2.7%. En 2019, de cada 100 barriles que se refinaron, se produjeron 20 de diésel, 27 de gasolina y 30 de combustóleo.

La generación eléctrica en el Estado de Guanajuato ha crecido desde 2016, en 3,555 GWh. Entre los cuales cabe destacar los 2,232 GWh de la planta de Cogeneración Salamanca y los 787 GWh fotovoltaicos, gran escala y generación distribuida. En 2019 el 61.1% de la generación fue en plantas de Ciclo Combinado, seguida

[35] Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES). 2019. Balance Estatal de Energía de Guanajuato.

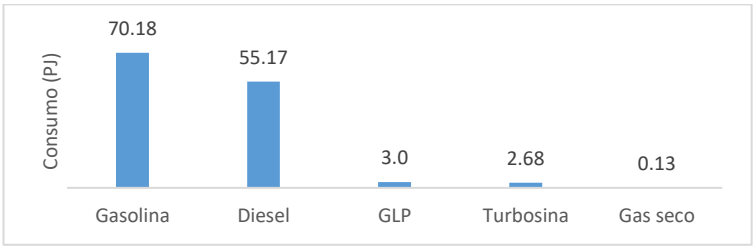
de Cogeneración (19.6%), Termoeléctrica (10.8%) y Solar Fotovoltaica (6.9%) con una participación minoritaria de las plantas de Bioenergía, Combustión Interna, Hidroeléctrica y Turbogas.

El crecimiento de consumo de los sectores industrial y transporte, especialmente autotransporte, ha transformado al Estado de Guanajuato de un exportador de energéticos secundarios a un importador neto de gasolina, diésel, y GLP.

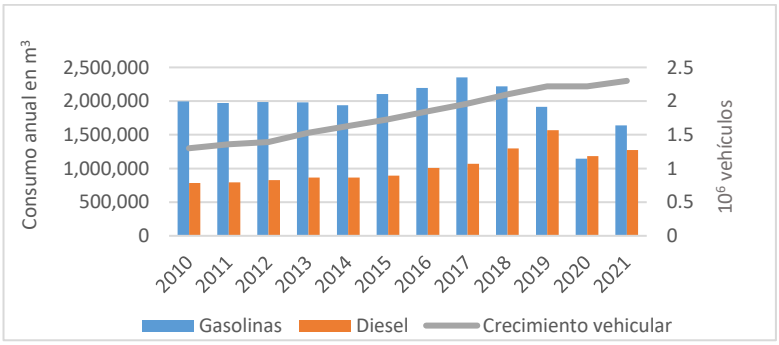


Gráfica 14. Consumo energético por sector en el estado de Guanajuato, 2019. [36]
Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES). 2019. Balance Estatal de Energía de Guanajuato.

Aunado a lo anterior, el transporte es una herramienta importante para el desarrollo de las actividades productivas de la población en la entidad. Derivado, del incremento del parque vehicular y de uso cotidiano, se incrementa el consumo de los combustibles que estos a su vez, generan emisiones de contaminantes que contribuyen al deterioro de la calidad ambiental y aceleran los efectos del cambio climático.



Gráfica 15. Demanda energética automotriz y su relación con el crecimiento vehicular en el Estado de Guanajuato.
Fuente: Elaboración propia, SEDES, 2019[37].



Gráfica 16. Demanda energética automotriz y su relación con el crecimiento vehicular en el Estado de Guanajuato. [38]
Fuente: Elaboración propia, SAMA.

[36] Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES). 2019. Balance Estatal de Energía de Guanajuato.
[37] Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES). 2019. Balance Estatal de Energía de Guanajuato.
[38] Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración. Padrón vehicular. https://finanzas.guanajuato.gob.mx/c_padrones/index.php.

En la gráfica anterior, se muestra el comportamiento del requerimiento de gasolinas y diésel y su relación con el incremento vehicular. Se percibe un aumento en la demanda de combustibles, no así, en los años 2020 y 2021, esto debido a la reducción de las actividades productivas derivado de la pandemia por COVID-19.

Con la quema de combustibles fósiles se liberan contaminantes atmosféricos como dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que, a su vez, atrapan el calor en nuestra atmósfera, lo que los convierte en los principales responsables del calentamiento global y del cambio climático.

De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2017, la flota vehicular del estado aporta el 30 y 8% de las emisiones totales de NO_X y COV, respectivamente, contaminantes precursores del ozono (O_3) y perjudiciales para la salud de la población.

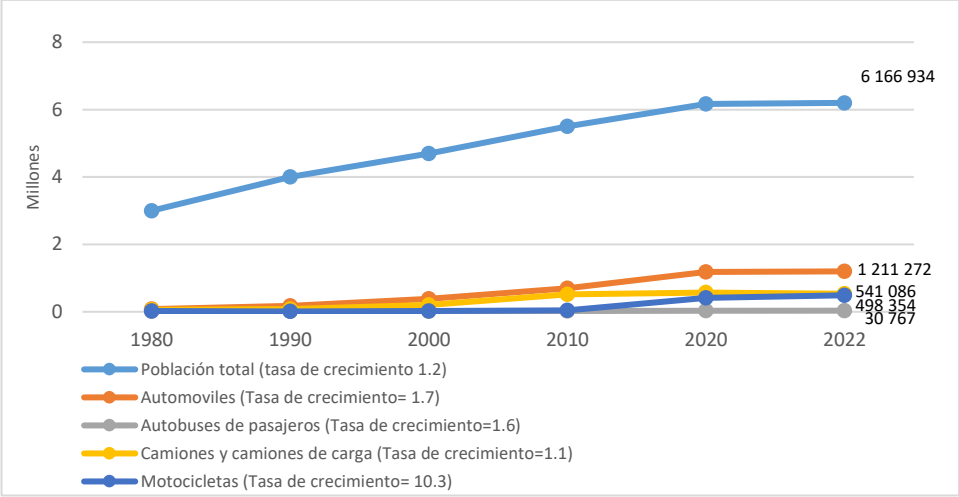
2.2.5 Movilidad

El concepto de movilidad es amplio y complejo. Introduce una serie de variables que van más allá de los desplazamientos. A diferencia del transporte, la movilidad aborda no solo infraestructura y vehículos, sino que incorpora condiciones sociales, políticas, económicas y culturales de quienes se movilizan (Arrue, 2009)[39]. El aumento del parque vehicular para uso particular, así como de los flujos de la población, se relaciona con la tendencia a buscar mayor productividad de los habitantes, esto resulta en un aumento de los viajes, así como de las distancias recorridas. Esto genera problemas sociales y ambientales.

El uso de vehículos en el estado no es equilibrado entre los de uso público y privado, ya que el crecimiento del transporte público ha sido más discreto que el de los automóviles particulares. Por otra parte, el aumento de la población en algunas ciudades se ha centrado en nuevos desarrollos de vivienda en las periferias, lo que resulta un grave problema de movilidad, considerando la sobrecarga en las vialidades.

El total de vehículos en circulación dentro del Estado de Guanajuato se ha incrementado de manera considerable en los últimos 10 años. Si consideramos que este crecimiento se presenta con mayor fuerza en algunas regiones y ciudades, podemos explicar la situación de crisis que muestran algunas zonas geográficas y puntos específicos de la red vial de muchas ciudades del Estado. La tasa de crecimiento de vehículos en circulación es de tal magnitud que rebasa la tasa de crecimiento de la población. El estado de Guanajuato se coloca en la posición 14 a nivel nacional con menor índice de vehículos por cada mil habitantes, aunque con una tendencia histórica de incremento del 1980 a 2021.

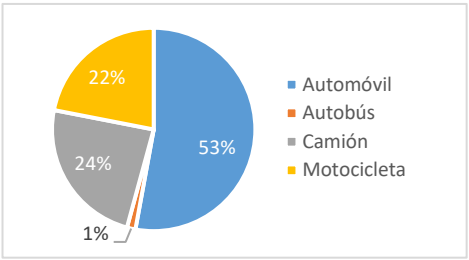
[39] Arrue J.J. La dimensión humana de la movilidad como marco para el estudio del Centro Histórico de Sincelejo. 2009.



Gráfica 17. Crecimiento poblacional y crecimiento vehicular en el estado de Guanajuato.
Fuente: INEGI, 2019[40], SFIyA 2020[41].

Los vehículos en circulación son responsables de más del 90% de la emisión de monóxido de carbono (CO), y entre el 50% y el 80% de las emisiones antropogénicas de precursores de ozono (óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles). La información sobre las características de la flota vehicular es básica para el diseño de estrategias de control de las emisiones y de renovación del parque vehicular. Según el INEGI el 69.3% de la población de Guanajuato cuenta con un vehículo automotor como medio de transporte.

Datos de la Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración, establecen que la cantidad de vehículos automotores que circulan en el estado de Guanajuato es de 2´256,466 (SFIyA, 2020)[42], de los cuales el 53% corresponde a automóviles, seguido de camiones con un 24% y motocicletas con 22%.



Gráfica 18. Porcentaje de vehículos automotores registrados en el padrón.
Fuente: SFIyA 2020.

Tabla 4. Padrón vehicular del Estado de Guanajuato. (SFIA, 2022).

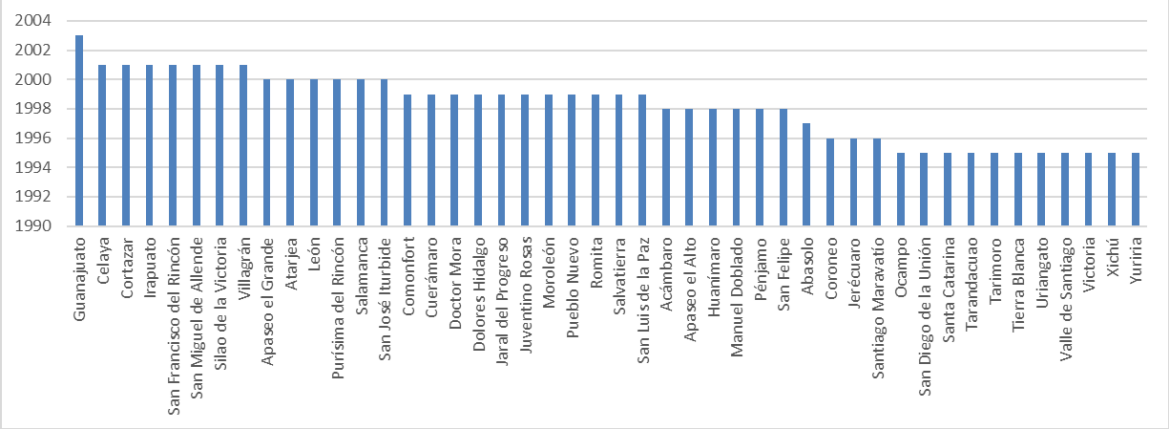
Clase de vehículo	Automóvil		Autobús de pasajeros		Camión		Motocicleta
Tipo de servicio	Privado/oficial	Público	Privado/oficial	Público	Privado/oficial	Público	Privado/oficial
Total	1,191,385	19,887	26,019	4,748	540,323	763	498,354

[40] INEGI.2020. Presentación de resultados Guanajuato.

[41] Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración. 2020. Elaboración propia con información de automóviles para uso de transporte particular, autos urbanos, camiones comerciales ligeros, camiones a distancia corta/una sola unidad, camiones con combinación.

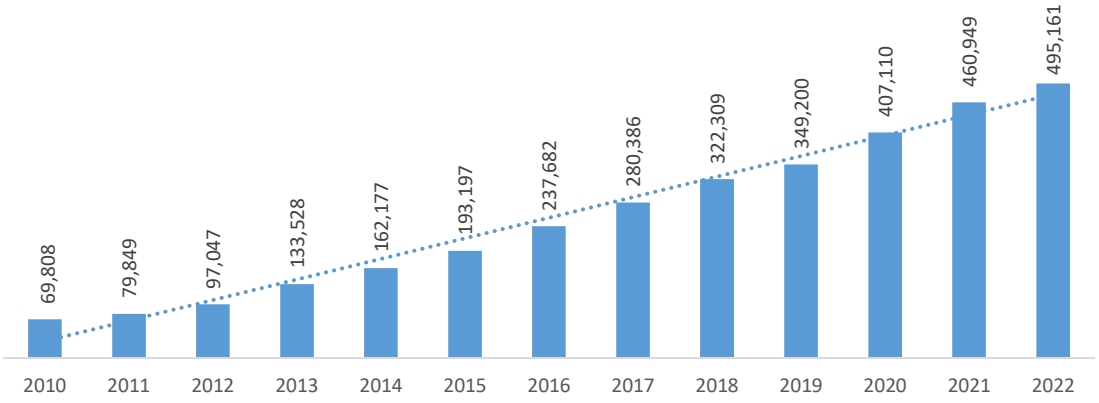
[42] Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración. 2020. Elaboración propia con información de automóviles para uso de transporte particular, autos urbanos, camiones comerciales ligeros, camiones a distancia corta/una sola unidad, camiones con combinación.

Notas:
* La información corresponde a los vehículos que, con corte al 31 de diciembre de 2022, se encontraron registrados (activos) en el Padrón Vehicular del Estado.
* La Clase Automóvil corresponde a aquellos destinados al transporte de hasta 15 pasajeros, incluyendo los tipos de vehículos sedán y vehículos utilitarios deportivos (SUV).
* La Clase Camión corresponde a aquellos destinados al transporte de carga, incluyendo los tipos de vehículos denominados pick up, tráiler y tractocamiones.
* La Clase Autobús corresponde a aquellos destinados al transporte de más de 15 pasajeros.
* La clasificación de tipo de servicio corresponde a la finalidad del vehículo (Uso privado, Servicio público y especial de transporte y Seguridad pública y servicio social (oficiales).



Gráfica 19. Promedio de año modelo, padrón vehicular del Estado de Guanajuato.
Fuente: CEICA, SAMA[43].

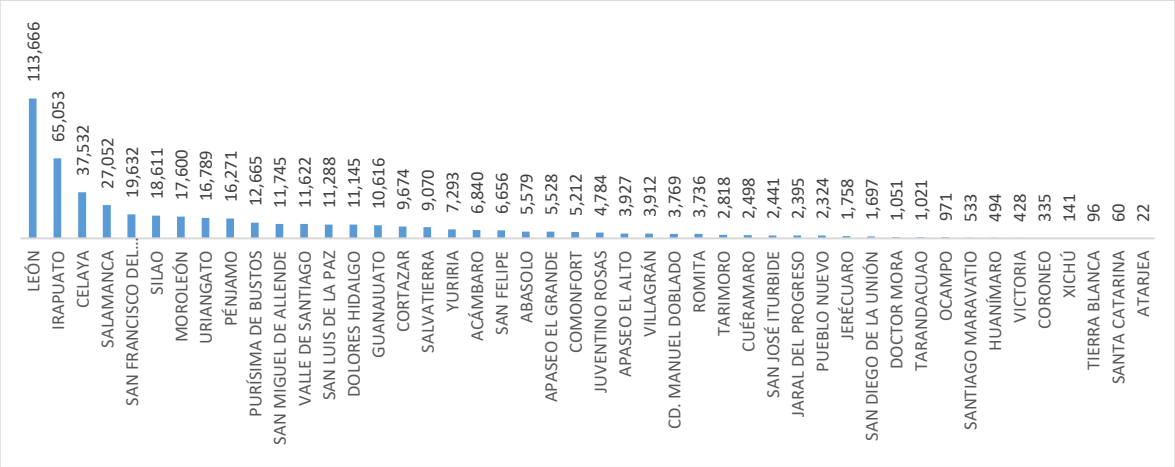
La presencia de motocicletas en circulación ha ido en aumento, sin que, al momento exista algún esquema de regulación en torno a sus emisiones, los municipios con mayor cantidad de motocicletas en circulación son: León, Irapuato, Celaya, Salamanca, San Francisco del Rincón, Silao, Moroleón y Uriangato, siendo estos últimos los que mayor problemática presentan en relación con la cantidad de vehículos.



Gráfica 20. Crecimiento de motocicletas en el Estado de Guanajuato.
Fuente: SFIyA, 2022[44].

[43] SAMA. 2020. Centro de información sobre la contaminación de la atmósfera de Guanajuato.

[44] Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración. 2022. Elaboración propia con información de motocicletas privadas.



Gráfica 21. Padrón de motocicletas, privadas y oficiales.
Fuente: SFIyA, 2022[45].

La infraestructura carretera contribuye de manera significativa en el desarrollo de las ciudades y comunidades, gracias a que facilita la movilidad de bienes y servicios. En 2020, el estado tenía 2 mil 855 kilómetros de caminos bajo su responsabilidad, de acuerdo con la siguiente distribución[46]:

- 89.9% con concreto asfáltico
- 3.8 % cuenta con concreto hidráulico
- 1.3 % con empedrado
- 5% está revestido

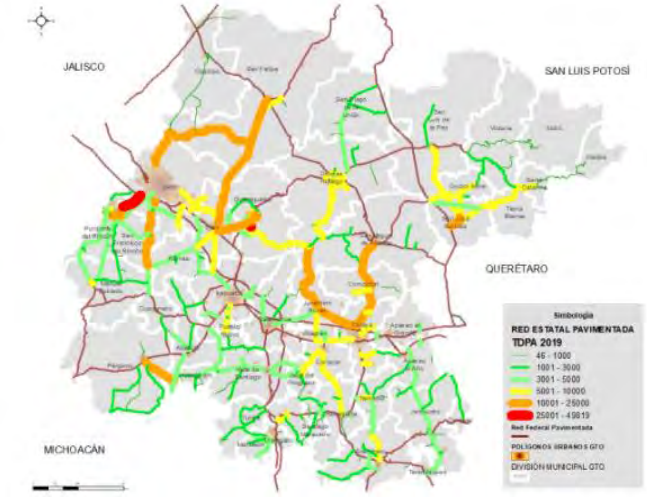


Figura 13. Saturación de carreteras estatales.
Fuente: SICOM 2020[47].

[45] Secretaría de Finanzas, Inversión y Administración. 2022. Elaboración propia con información de automóviles para uso de transporte particular, autos urbanos, camiones comerciales ligeros, camiones a distancia corta/una sola unidad, camiones con combinación.

[46] Secretaría de Infraestructura, Conectividad y Movilidad del Estado de Guanajuato. 2020. Datos viales de la red carretera.

[47] Secretaría de Infraestructura, Conectividad y Movilidad del Estado de Guanajuato. 2020. Datos viales de la red carretera.

La falta de infraestructura para los ciclistas es evidente en la mayoría de los municipios del estado, tan solo en 2015 se tienen registrados 210 km de ciclovías, (SICOM)[48]. Así mismo se estimó que el transporte intermunicipal atiende aproximadamente 339,255 pasajeros diarios.

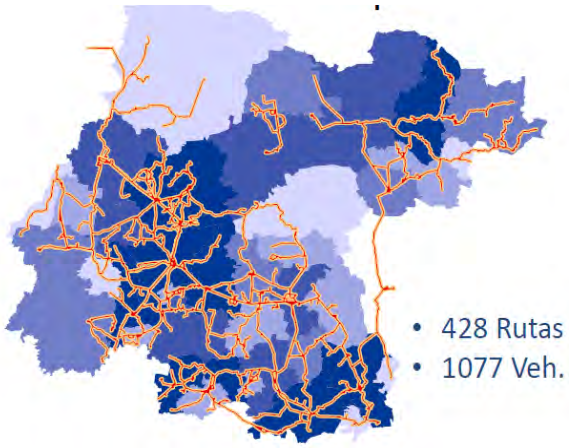


Figura 14. Rutas de servicio intermunicipal.
Fuente: SICOM 2020[49].

En lo que se refiere al transporte de carga en el estado, la problemática general de la distribución de mercancías destaca la problemática vial con el flujo vehicular en horas pico de la mañana, tarde y noche, especialmente en áreas urbanas y en las entradas y salidas de estas, afectando la accesibilidad, la movilidad y la vivencia en las ciudades.

2.2.6 Dinámicas socioculturales

Los elementos socioculturales existentes en el Estado de Guanajuato pueden ser determinantes en la generación de emisiones contaminantes. Estos contemplan aspectos festivos (la quema de pirotecnia en festividades cívicas o religiosas), de la vida diaria (uso de leña o carbón en la preparación de alimentos, la quema de residuos en lotes baldíos, pastizales a pie de carretera), prácticas agrícolas (como la quema de esquilmo), prácticas inadecuadas en el manejo de los residuos sólidos urbanos (quemas de sitios de disposición final), así como las prácticas inadecuadas en la producción artesanal del ladrillo, incendios forestales, entre otras.

Entre sus eventos más importantes se encuentran: Festival Internacional Cervantino, Feria Estatal de León, Festival del Globo, Rally Gto, Guanajuato International Film Festival, Feria Nacional del Libro de León, Encuentro Estatal de Teatro, Bienal Oiga Costa, Festival de Bach, Festival Madonnari, Seminarios del Fondo para las Letras de Guanajuato, Foro Virtual del Libro, Festival de la Fresa, (PEG 2008-2024)[50]:

De acuerdo con las estadísticas de la Comisión Nacional Forestal, CONAFOR, Guanajuato ocupa el sexto lugar con menos incendios forestales en 2020 y el quinto con menos superficie afectada. Los asentamientos humanos presentaron un incremento de 14 mil 995 hectáreas; la superficie destinada a la agricultura tuvo una disminución de 10 mil 770 hectáreas, así como la superficie de pastos tuvo una disminución de 14 mil 462 hectáreas, (PEG, 2008-2024)[51].

[48] Secretaría de Infraestructura, Conectividad y Movilidad del Estado de Guanajuato. 2020. Datos viales de la red carretera.

[49] Secretaría de Infraestructura, Conectividad y Movilidad del Estado de Guanajuato. 2020. Datos viales de la red carretera.

[50] Gobierno del Estado de Guanajuato.2019. Programa de Gobierno del Estado de Guanajuato 2018-2024.

[51] Gobierno del Estado de Guanajuato.2019. Programa de Gobierno del Estado de Guanajuato 2018-2024.

De forma general en el estado de Guanajuato, poco más del 60% de los episodios en que se rebasa el valor límite de PM_{10}, se registran durante la temporada invernal y ciclos agrícolas, en la cual las quemas de pastizales en zonas urbanas, basura y de esquilmos se identifican como fuentes clave.

Del 2014 al 2022 en los municipios del corredor industrial (Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao, San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y León), los reportes de quemas a cielo abierto se han incrementado, siendo los pastizales los de mayor incidencia con el 64%, (SAMA,2020)[52].

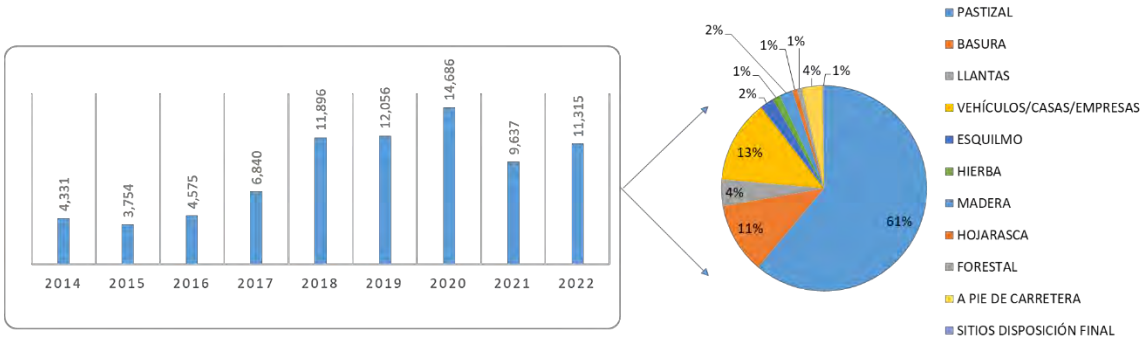


Figura 15. Histórico de reportes de quemas a cielo abierto en municipios del corredor industrial.
Fuente: SAMA,2022[53].

Sitios de disposición final: El Estado cuenta con 44 sitios de disposición final, de los cuales: 17 se consideran relleno sanitario (RS), 13 sitios controlados (SC), 14 sitios no controlados (SNC), de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, revela un incremento de 84% registrado en 2018 a un 87% en 2020, (SAMA, 2020)[54]. En el Estado de Guanajuato del total de incendios de sitios de disposición final solo el 50% de los incendios son reportados a la SAMA, esto debido a la autonomía que conservan los municipios, por lo cual, no están obligados a informar los siniestros a las autoridades competentes, evitando de esta manera ser acreedores a alguna sanción y exponerse la mala operación de los sitios de disposición final. Estos incendios pueden presentarse tanto en temporada invernal como en seca, y son generadores de emisiones ostensibles tóxicas, pueden durar varios días en ser controlados.

Bancos de materiales: Se identifican en el territorio del estado de Guanajuato un crecimiento del 37% en el número de bancos de materiales en explotación entre 2004 y 2017, pasando de 1,303 a 1,792 bancos y un crecimiento del 51% de la superficie explotada (de 3,005 ha a 4,541ha). La explotación de materiales pétreos es amplia, sin embargo, predominan la explotación de cuatro tipos: tepetate (878 bancos), roca y grava (298 bancos), arena (139) y tezontle (89). Materiales como el adoquín, la arcilla, la riolita, el cuarzo, la cantera, la caliza, entre otros, poseen entre 1 y 34 bancos en todo el territorio.

En 2018 el porcentaje de bancos de material regenerados o restaurados conforme la Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-002/2007, fue de 39.7% en 2018, incrementando a un 48.2 % para el año 2020.

[52] Datos estadísticos de quemas a cielo abierto. 2022. SAMA.

[53] SAMA. 2020. Departamento de Gestión Ambiental. 2020. Secretaría del Agua y Medio Ambiente.

[54] SAMA. 2020. Datos de la Dirección General de Gestión Ambiental.

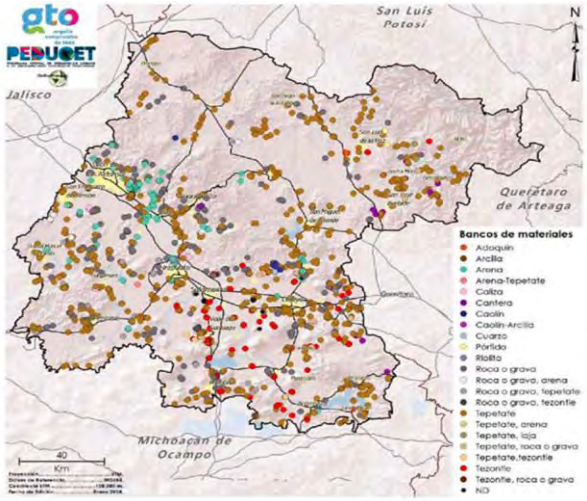


Figura 16. Bancos de materiales por tipo de material.
Fuente: SAMA, 2020[55].

2.2.7 Cambio climático y su relación con la calidad del aire.

A pesar de que el cambio climático y el deterioro de calidad del aire son temas que tradicionalmente se abordan por separado, es importante reconocer que están estrechamente relacionados. La calidad del aire es altamente sensible a la meteorología, razón por la cual el cambio en los patrones del clima, como el aumento de la temperatura, variaciones en los patrones de precipitación, la humedad, la nubosidad y la radiación solar, entre otras variables, pueden originar modificaciones relevantes en la química atmosférica e impactar en la calidad del aire[56]. Además, la necesidad de abordar los dos temas de manera integral y sinérgica es muy relevante, dado que los contaminantes atmosféricos y los CyGEI (compuestos y gases de efecto invernadero) comparten fuentes comunes de emisión. En específico, la quema de combustibles fósiles es una de las principales actividades antropogénicas que contribuye a incrementar el calentamiento o enfriamiento de la Tierra y deteriorar la calidad del aire (INECC, 2019)[57]. En este sentido, los esfuerzos para mitigar las emisiones de contaminantes como el dióxido de carbono (CO_2) conllevan beneficios muy importantes, tanto para limitar el aumento de la temperatura global a largo plazo, como para mejorar la calidad del aire local en el corto y mediano plazo. Lo anterior se debe a que las estrategias de reducción de CyGEI en algunas fuentes, también permiten disminuir emisiones de contaminantes locales como los óxidos de nitrógeno (NO_X), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y partículas suspendidas (West et al., 2013), así como de carbono negro, metano (CH_4) y otros compuestos orgánicos volátiles (COV).

Los efectos del cambio climático alteran la concentración de contaminantes en el aire, ya que los cambios en la meteorología local, regional y sinóptica inciden en su formación, reactividad, transporte y remoción en la atmósfera. En específico, el aumento de la temperatura, los cambios en los patrones de precipitación y niveles de humedad, y la alteración de la circulación de los vientos, pueden impactar significativamente sobre la calidad del aire. La evidencia científica muestra que el aumento de la temperatura incide en la formación O_3 y partículas $PM_{2.5}$ (Fiore et al., 2015)[58].

[55] SAMA. 2020. Datos de la Dirección General de Gestión Ambiental.

[56] El impacto del cambio climático en la calidad del aire de la ZMVM. 2020. ProAire ZMVM 2021-2030.

[57] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2019. Informe Nacional de Calidad del Aire.

[58] Arlene M. Fiore. 2015. Conexiones entre la calidad del aire y el clima.

Las partículas en suspensión son un contaminante complejo. Según su composición, pueden tener un efecto de calentamiento o de enfriamiento sobre el clima local y mundial. Por ejemplo, el negro de carbono, uno de los componentes de las PM finas y un resultado de la combustión incompleta de combustibles, absorbe la radiación solar e infrarroja en la atmósfera y por consiguiente tiene un efecto de calentamiento. Otros tipos de partículas que contienen componentes de azufre o nitrógeno tienen el efecto contrario. Suelen actuar como pequeños espejos que reflejan la energía solar y por consiguiente provocan un enfriamiento. En términos sencillos, todo depende del color de la partícula. Las partículas «blancas» tienden a reflejar la luz del sol, mientras que las partículas «negras» y «marrones» la absorben (Munguía W. 2006)[59].

2.2.8 Generación de olores en el estado de Guanajuato

En el estado de Guanajuato los municipios de Celaya, Salamanca y León son recurrentes los reportes de la ciudadanía por la presencia de olores ofensivos en la zona urbana, de los cuales se han identificado la contribución de diversas actividades de origen industrial, principalmente relacionadas con la emisión de contaminantes atmosféricos no normados y de manejo de residuos.

La contaminación debida al olor, que es una de las diferentes maneras de contaminación del aire, es un problema complejo. Debido a su naturaleza "difusa", los olores han sido clasificados como contaminantes "sin criterio" por la EPA. Una sustancia de olor ofensivo es aquella que, por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición, puede causar efectos desagradables y generar una respuesta (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012, Colombia)[60].

Las sustancias químicas que generan una respuesta olfatoria generalmente tienen bajas presiones de vapor. Podría decirse que los malos olores generalmente tienen compuestos volátiles de ácido sulfhídrico (H_2S) así como también compuestos aromáticos orgánicos como ácidos grasos. Bastan pequeñas cantidades (bajas o muy bajas concentraciones) para que sean percibidas por la nariz.

2.3.5.1 Actividades generadoras de olores ofensivos

Existen actividades industriales que deben ser objeto de vigilancia, por ser las principales generadoras de olores ofensivos, específicamente los asociados al sulfuro de hidrógeno. En el Estado de Guanajuato se identifican las siguientes actividades: explotación de pozos de petróleo y gas natural, producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos, elaboración de aceites y grasa de origen vegetal y animal, elaboración de productos lácteos, elaboración de saborizantes y productos de sabor, elaboración de productos alimenticios en general, curtido y acabado del cuero; papel y cartón, fabricación de asfalto y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción, fabricación de combustibles aglomerados de carbón o lignito, fabricación de ácido sulfúrico, fosfórico, conexas a las fábricas de abonos y fabricación de abonos y compuestos orgánicos nitrogenados (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012, Colombia).

Las actividades que se presentan a continuación son aquellas que han sido clasificadas a nivel internacional como principales generadoras, por lo que merecen un análisis particular. Cada una de ellas emite al ambiente una o más sustancias asociadas a olores ofensivos:

Plantas de tratamiento de aguas residuales:

Una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) que tenga fallas en su diseño u operación, sea de tipo físico, químico o biológico, puede generar malos olores. El medio anaerobio es el más susceptible a esta situación, debido al metabolismo de las bacterias sulfato-reductoras, especialmente si en el agua residual existen altas concentraciones de sulfatos y sulfuros (Metcalf & Eddy Inc. 1998)[61].

---

[59] Murguía W. Contaminación por Olores, un Nuevo Reto Ambiental. Monterrey: Revista Integratec - Quiminet; 2006.

[60] Lineamientos para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. 2012. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia y la Organización Panamericana de Salud.

[61] Metcalf & Eddy Inc. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3rd ed.: Mc Graw Hill; 1998.

El H_2S es el constituyente más característico de los gases producidos en los sistemas anaerobios y uno de los principales compuestos responsables de la generación de malos olores en plantas de tratamiento de agua residual. Otros compuestos importantes presentes en plantas de tratamiento y que contribuyen a la generación de malos olores son el sulfuro de carbonilo (COS), el disulfuro de carbono (CS_2), los mercaptanos de bajo peso molecular, los, tiofenos (C_4H_4S), el sulfuro de dimetilo ((CH_3)2S), disulfuro de dimetilo ((CH_3)$2S_2$) y disulfuro de trimetilo ((CH_3)$2S_3$). El H_2S posee un olor tal que generalmente enmascara el olor de los compuestos órgano-sulfurados (Morgan JM, Revah S, Noyola A. 2002)[62].

Rellenos sanitarios:

Los olores ofensivos provenientes de los rellenos sanitarios generalmente ocurren por un mal funcionamiento de los biofiltros o prácticas inadecuadas, como reutilización de áreas previamente utilizadas o por descargas incontroladas de residuos.

La manipulación, tratamiento y disposición de residuos están asociados con gran cantidad de contaminantes, pero la existencia de olores ofensivos se debe tener en cuenta por su efecto en las personas. Los residuos domésticos de los municipios o ciudades tienen, por lo general, un alto contenido de materia orgánica, la cual es descompuesta por diversas especies de microorganismos. Varios compuestos olorosos como ácido sulfhídrico, amoníaco, ácidos grasos volátiles y compuestos inorgánicos de sulfuros son generados bajo condiciones anaeróbicas, especialmente en sitios de clima templado o cálido. Adicionalmente, se pueden encontrar aldehídos, cetonas, aminas, indole, skatole, entre otros, que resultan de la oxidación incompleta de la materia orgánica presente.

La percepción de los malos olores no es permanente, sino que su presencia está asociada a las condiciones del clima y a la dirección de los vientos, siendo las horas nocturnas y los días cálidos que siguen a las lluvias, cuando los olores son más intensos.

Cría y sacrificio de animales:

La producción porcina a nivel industrial genera olores molestos por la descomposición anaeróbica de materia orgánica como heces y orina, causada por mezcla de gases y partículas que se emiten al ambiente. Las heces fecales y orina que se disponen en lagunas liberan amoníaco, ácido sulfhídrico y COV. Además, liberan partículas orgánicas portadoras de endotoxinas provenientes de caspa, alimentos y heces secas, provocando la formación de aerosoles que se generan por operaciones de regadíos de campos agrícolas y la presencia de partículas de las heces y la orina, que se dispersan por acción de los vientos hacia los sitios de residencia de poblaciones aledañas (Jacho MA. 2010. Barcelona)[63].

En el caso de las actividades de producción de ganado (cría, sacrificio) la emisión de amoníaco es significativa. El contenido de urea del estiércol es hidrolizado por las enzimas "ureasas" de microorganismos del suelo y del mismo estiércol, produciendo amoníaco que se volatiliza. Este gas, además de ocasionar un olor desagradable puede volver a precipitar en el suelo o en la superficie de cuerpos de agua, incrementando su contenido de nitrógeno (O'connor. 2010)[64].

Industria y acabados de cuero:

La cadena del cuero, calzado, manufactura de cuero, empieza desde la ganadería hasta el desuello para extraer el cuero crudo. Le sigue el procesamiento del cuero para darle el acabado, la manufactura y la comercialización del producto.

---

[62] Morgan JM, Revah S, Noyola A. Malos Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: Su Control a través de Procesos Biotecnológicos. México D.F.: Coordinación de Bioprocesos Ambientales, Instituto de Ingeniería, UNAM.; 2002.

[63] Jacho MA. Recomendaciones Prácticas para Reducir el Impacto Ambiental en Granjas Porcinas. La Gestión de los Gases. Barcelona; 2010.

[64] O'connor AM, Auvermann B, Bicket-Weddle D, Kirkhorn S, Sargeant JM, Ramírez A, et al. The Association Between Proximity to Animal Feeding Operations and Community Health: A Systematic Review. Iowa: PubMed; 2010.

El agua residual de la industria de curtido tiene altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, sólidos suspendidos, compuestos de cromo y pH elevado. La alta carga de materia orgánica provoca la creación de condiciones anaeróbicas en cuerpos o cursos de agua, debido al elevado consumo de oxígeno disuelto. Estas condiciones, además de afectar la vida acuática, favorecen la producción de algunos gases nocivos como ácido sulfhídrico y metano (Comisión del Medio Ambiente, 2005)[65]. Los residuos sólidos se generan principalmente en las etapas de descarnado, recorte de pieles, raspado y lijado de los cueros.

Adicional a esto, los subproductos generados del proceso mismo de curtido, tales como sebo, carnaza, restos de piel, etc., tienen la particularidad de que se descomponen fácilmente al ambiente, por su naturaleza orgánica, aumentando así el problema de contaminación odorífica causada durante el proceso de pelambre. Un gran número de las quejas de la comunidad se refieren a este tipo de industrias, que generalmente se concentran en zonas específicas, situación que genera un impacto a la salud y calidad de vida de las comunidades aledañas a las plantas de producción por la fuerte emanación de olores.

Industrias de subproductos de origen animal o vegetal:

Las industrias farmacéuticas, de alimentos, de productos cosméticos, producción de concentrados para animales, entre otras, utilizan en sus procesos productivos materias primas provenientes de procesos en los cuales se obtienen como subproductos componentes orgánicos derivados del sacrificio de animales o del curtido de pieles, tales como carnaza, grasas, cebos, sangre, etc. El manejo inadecuado de estas materias primas puede generar durante los procesos productivos, olores muy desagradables causados por la descomposición de materia orgánica (Ainia Instituto Técnico Agroalimentario)[66].

Explotación de petróleo y gas natural:

En muchos campos petroleros se extrae gas natural que está asociado con el petróleo. En ocasiones el gas natural es utilizado como fuente de energía en las mismas instalaciones o es procesado, y en ocasiones simplemente se quema (acelera el proceso de calentamiento global y afecta a la biodiversidad). Los principales componentes atmosféricos que se producen de la quema de gas son el dióxido de carbono, metano, etano, butano, propano, hidrógeno, helio y argón, hidrocarburos aromáticos volátiles, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, monóxido de carbono, Halones, clorofluorocarbonos (CFCs). Los yacimientos de crudo contienen contaminantes entre los cuales se encuentra el azufre, el cual al combinarse con moléculas de hidrógeno forma el ácido sulfhídrico, que es liberado de los hidrocarburos en forma de gas al suministrarles calor (Maya JC, Ramírez F, Monroy O)[67].

2.3 Presión

Las necesidades socioeconómicas mencionadas en el punto anterior ejercen presión en las condiciones de calidad del aire que generan cambios en el ambiente, en este caso, las fuentes de emisión de contaminantes. A continuación, se presenta un análisis de los resultados del Inventario de Emisiones de Contaminantes a Criterio y Precursores donde se identifican las emisiones emitidas por las fuentes fijas, móviles, de área y naturales en el Estado.

2.3.1 Inventario de Emisiones de contaminantes criterio y precursores.

2.3.1.1 Comportamiento histórico de las emisiones.

[65] Comisión de Medio Ambiente. Recomendaciones IUE para el Control de Olores en la Industria de Curtidos. Cape Town South África: International Union of Leather Technologists & Chemists Societies; 2005.

[66] Ainia. Instituto Técnico Agroalimentario. Mejores Técnicas Disponibles para la 110 Industria de Aprovechamiento de subproductos de Origen Animal. Madrid: AINIA; 2000.

[67] Maya JC, Ramírez F, Monroy O. Biodesulfuración del Petróleo Por Bacterias Sulfato y Tiosulfato Reductoras Aisladas de Pozos Petroleros. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Biotecnología; 1998.

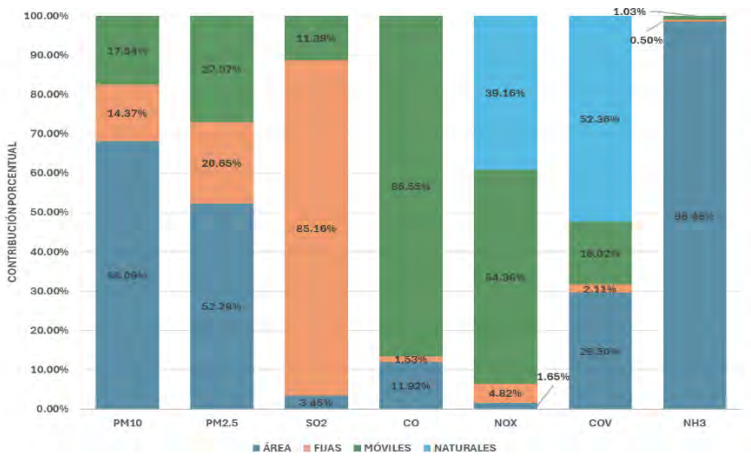
El estado de Guanajuato es uno de los pocos que genera sus propios inventarios de emisiones de contaminantes criterio y precursores, así como GyCEI. Durante 2023 se actualizó el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021, instrumento validado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat. Este inventario incluye las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_X), bióxido de azufre (SO_2), partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros (PM_{10}), y menor a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoniaco (NH_3). En el caso de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, estos son contabilizados al ser considerados precursores de ozono.

En esta última actualización se incluye la evaluación de las cuatro principales fuentes de emisión: las fuentes fijas en las que se incluyen los establecimientos asentados en la región y que son del tipo industrial; las fuentes de área, que son fuentes demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas, e incluyen comercios, servicios y otras actividades; las fuentes naturales, en las que se incluyen las fuentes biogénicas; y finalmente las fuentes móviles, representadas por los vehículos de carretera y de no carretera (maquinaria agrícola, de construcción y aviación). De acuerdo con este inventario, las emisiones totales del estado de Guanajuato para ese año se distribuyeron como sigue:

Tabla 5. Emisiones totales por tipo de fuente y contaminante. [68]

Emisiones totales, Ton/año							
Fuentes	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
Área	19,339.79	8,801.33	350.39	49,050.69	2,360.53	85,697.58	35,345.65
Fijas	4,080.83	3,475.98	8,650.48	6,286.51	6,904.28	6,142.01	177.87
Móviles	4,982.63	4,557.91	1,156.66	356,052.14	77,817.50	46,547.93	369.23
Naturales	NA	NA	NA	NA	56,060.40	152,093.07	NA
Total general	28,403.25	16,835.22	10,157.53	411,389.33	143,142.71	290,480.58	35,892.75

Siendo la distribución porcentual por contaminante criterio y por fuente, la mostrada en la siguiente gráfica:



Gráfica 22. Contribución de las fuentes evaluadas a las emisiones totales en el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021.
Fuente: Elaboración propia SAMA.

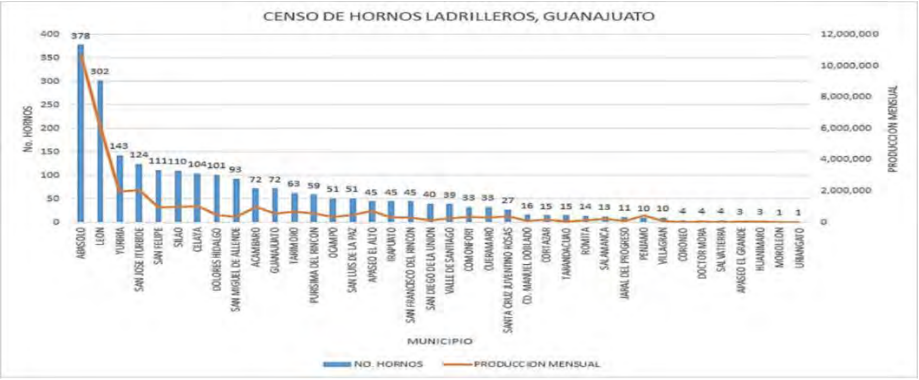
[68] SAMA. 2017. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.

2.3.1.2 Principales Fuentes de Emisión en el Estado

Contaminación por quemas a cielo abierto: Se tiene identificado que poco más del 45 por ciento de los episodios en que se excede el valor límite de PM_{10}, se registraron durante la temporada invernal y ciclos agrícolas, en la cual, las quemas de pastizales y de residuos sólidos en zonas urbanas, así como la quema de esquilmos, se identifican como fuentes clave. Así mismo, en el año 2022 de un total de 11 mil 315 quemas registradas, las de mayor incidencia fueron de pastizales en zona urbana con un 58 por ciento, seguido de la quema de casa y vehículos con 13 por ciento, basura con 11 por ciento y un 15 por ciento correspondió a otros eventos. Los municipios con mayor cantidad de reportes son los del corredor industrial (Celaya, Irapuato, León, y Salamanca), seguido de municipios de la zona sur (Acámbaro, Salvatierra y Yuriria) (SAMA, 2022)[69].

Las fuentes móviles: El estado de Guanajuato cuenta con un registro de poco más de 2.2 millones de vehículos, de los cuales 57 por ciento se concentra en los municipios de Celaya, Irapuato, León, Salamanca y Silao de la Victoria. La antigüedad promedio del parque vehicular es de 19 años, por lo que, gran parte de estos vehículos no cuentan con convertidor catalítico para el control de emisiones atmosféricas, o bien, por su kilometraje debería ser reemplazado. De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato año base 2021 , la flota vehicular del estado aporta el 42 por ciento y 16 por ciento de las emisiones totales de NO_X y COV, respectivamente, contaminantes precursores del ozono (O_3) y perjudiciales para la salud de la población (SAMA, 2024)[70].

Industria ladrillera: El estado de Guanajuato, según el censo en 2014 se contabilizaron 2 mil 184 hornos para la producción artesanal de ladrillo distribuidos en 38 municipios, los datos parciales en 2022 presentan un total de 2 mil 265 hornos, lo ha posicionado al estado como la tercera entidad en el país con mayor cantidad de ladrilleras. El 99.9 por ciento de los hornos operan sin regulación ambiental. Esta problemática es consecuencia, principalmente, de la ubicación de los hornos en sitios no compatibles para el desarrollo de la actividad productiva, de conformidad tanto con los Programas Municipales de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial, como el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato, PED 2040. Adicionalmente, las prácticas rudimentarias para la producción, y el uso intensivo y no regulado de recursos naturales, tales como: arcillas de procedencia ilegal, consumo de agua y recursos forestales; así como el uso de combustibles no autorizados, conllevan impactos al medio ambiente y efectos adversos en la salud de las personas productoras y la población en general (SAMA, 2017)[71].



Gráfica 23. Hornos ladrilleros por municipio en el Estado y su producción, con actualización parcial al año 2022.
Fuente: Elaboración propia SAMA[72]

[69] SAMA. 2022. Datos estadísticos de quemas a cielo abierto.

[70] SAMA. 2017. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.

[71] SAMA. 2017. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.

[72] SAMA. 2022. Elaboración propia con información del Censo de Hornos Ladrilleros Guanajuato.

De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, año 2017, la contribución en toneladas anuales por emisiones generadas por la actividad ladrillera, es la siguiente:

Tabla 6. Emisiones del sector ladrillero.

EMISIONES TOTALES, TON/AÑO						
PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
1,827.20	1,757.02	184.44	13,294.89	150.44	12,051.23	-

Fuente: SAMA, 2021[73]

Emisiones por industria: De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, 2021, las emisiones provenientes de la industria (fuentes fijas) tanto de jurisdicción estatal como federal, se muestran en la siguiente tabla, desglosadas por sector industrial:

Tabla 7. Emisiones por tipo de Industria.

Emisiones totales, Ton/año							
Sector industrial	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	2.81	2.76	0.35	38.42	36.18	3.04	1.14
Alimentos y bebidas	36.66	31.92	717.37	872.18	450.87	54.11	7.73
Automotriz	1,061.09	910.26	3.04	499.48	282.18	1,992.84	5.54
Celulosa y Papel	2.24	2.24	0.19	24.73	21.98	200.09	0.87
Cemento y cal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuero, piel y materiales sucedáneos	14.55	13.38	133.19	141.34	381.85	25.16	0.61
Derivados el petróleo y carbón	3.95	3.04	237.40	14.01	65.18	3.27	0.25
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.03	0.03	0.00	0.36	0.63	0.00	0.00
Fabricación de productos metálicos	97.88	1.83	0.35	1,056.02	1,823.24	1.57	0.67
Generación de energía eléctrica	1,842.21	1,817.30	1,944.09	2,192.84	1,542.24	193.71	115.95
Impresión	0.79	0.70	57.62	6.30	12.50	0.41	0.30
Industria de la madera	0.00	0.00	0.00	0.06	0.12	0.01	0.00
Industria textil	1.80	1.32	72.25	11.02	16.12	0.90	0.26
Manejo de desechos y remediación	1.78	1.28	18.24	3.76	14.15	0.79	0.04
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	402.95	310.23	34.69	212.97	333.11	58.15	5.86
Mezclas Químicas	1.07	1.07	0.15	12.56	15.43	0.94	0.39
Minerales no metálicos	21.41	20.35	43.47	301.79	372.25	25.35	5.09
Muebles, colchones y persianas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras industrias	8.18	7.61	38.42	174.78	133.59	11.31	2.68
Papel y cartón	0.40	0.40	0.36	4.19	8.95	0.55	0.11
Petróleo y Petroquímica	386.81	189.58	5,098.09	467.43	980.69	2,982.69	21.00
Pinturas y tintas	3.89	2.23	0.02	1.87	2.27	93.38	0.07
Plástico y hule	4.88	3.26	2.46	42.52	73.88	4.24	1.27
Química	184.88	154.96	248.60	207.77	336.29	485.74	8.02
Tratamiento de residuos peligrosos	0.54	0.23	0.14	0.11	0.60	3.77	0.01
Total general	4,080.83	3,475.98	8,650.48	6,286.51	6,904.28	6,142.01	177.87

Fuente: SAMA, 2024[74]

Respecto a las emisiones de PM_{10}, es la industria de la generación de energía eléctrica la mayor generadora de este contaminante, contribuyendo con hasta un 45.14%. Le siguieron con un 26.00 % de contribución la

[73] SAMA. . Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2021.

[74] SAMA. 2021. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.

industria automotriz, la industria metalúrgica (incluye la siderúrgica) con un 9.87%, la industria del petróleo y petroquímica con un 9.48%, la química con un 4.53% y los demás sectores con un 4.97%.

En lo que concierne a emisiones de $PM_{2.5}$, el patrón de emisiones tiene mucha similitud con el de las partículas menores a 10 micras: es la industria de la generación de energía eléctrica el sector más significativo, con un 52.28% del total. Le siguen la industria automotriz con un 26.19%, la industria metalúrgica con un 8.92%, y la industria del petróleo y petroquímica con un 5.45% .

En el caso de las emisiones de NO_X, la industria de productos metálicos es la principal emisora, aportando hasta un 26.41% del total de este contaminante. Le sigue la industria de generación de energía eléctrica con un 22.34%, la industria del petróleo y petroquímica con un 14.20%, la de alimentos y bebidas con un 6.53%, y la del cuero, piel y materiales sucedáneos con un 5.53%. .

Las emisiones de dióxido de azufre fueron generadas en su mayor parte por el sector de la industria del petróleo y petroquímica, que representó el 58.93%% de las emisiones totales de este contaminante. Le sigue en menor proporción la industria de la generación de energía eléctrica y la industria de alimentos y bebidas, con un 22.47% y 8.29% de contribución, respectivamente.

Para el monóxido de carbono (CO), la industria de la generación de energía eléctrica emitió un 34.88% y el de fabricación de productos metálicos, un 16.80%, seguidos por la industria de alimentos y bebidas con un 13.87%, y en menor proporción con el 7.95% la industria automotriz y con el 7.44% la industria del petróleo y petroquímica.

Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, la fuente más representativa fue la de la industria del petróleo y petroquímica, que representó el 48.56% del total generado, seguido de la industria automotriz con un 32.45%, y de la industria química con un 7.91%. Los otros sectores contribuyen con el 11.08% restante.

2.3.1.3 Contribución de contaminantes criterio por municipio y por región

Tabla 8. Contribución por municipio.
Fuente: (SAMA, 2021)[75]

Emisiones totales, Ton/año							
Municipio	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Abasolo	1,336.23	894.78	117.15	9,642.14	3,483.08	9,976.95	1,160.49
Acámbaro	693.37	449.55	36.08	7,652.76	3,552.38	9,612.88	724.49
San Miguel de Allende	726.04	404.22	205.57	8,890.37	4,377.39	7,512.66	4,283.46
Apaseo el Alto	448.47	283.74	23.52	4,210.65	1,970.77	3,673.89	414.83
Apaseo el Grande	447.02	269.24	39.30	3,558.42	2,178.76	4,662.72	1,012.32
Atarjea	39.00	23.47	1.54	240.64	138.79	447.77	74.87
Celaya	1,136.52	821.26	197.86	40,921.58	9,776.20	16,626.96	1,243.89
Manuel Doblado	577.78	227.88	31.56	3,242.94	2,778.80	6,847.71	715.43
Comonfort	307.43	191.59	54.78	3,177.01	1,584.92	4,491.07	441.89

[75] SAMA. 2021. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.

Emisiones totales, Ton/año							
Municipio	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Coroneo	49.08	28.37	2.58	710.09	436.05	791.26	98.07
Cortazar	468.74	240.54	26.04	5,714.55	2,070.43	5,178.10	543.88
Cuerámaro	313.88	154.30	21.33	1,975.45	1,033.88	2,115.00	299.80
Doctor Mora	165.99	79.84	12.53	1,441.84	840.73	1,302.96	348.44
Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional	661.64	351.57	92.95	8,222.60	4,992.93	7,804.76	1,606.67
Guanajuato	605.62	412.73	97.01	12,656.55	2,943.56	5,093.70	536.63
Huanímaro	253.82	102.04	17.31	1,217.55	810.54	1,322.39	234.59
Irapuato	1,678.41	978.95	330.15	45,191.66	10,329.84	18,957.61	1,791.66
Jaral del Progreso	247.70	119.75	141.71	1,946.11	1,033.26	2,217.69	222.33
Jerécuaro	873.79	322.18	34.84	4,054.50	2,789.02	6,186.02	670.59
León	2,490.66	1,955.33	342.89	117,985.05	24,094.18	45,524.67	2,490.74
Moroleón	282.04	75.45	3.49	5,613.12	956.17	2,121.14	130.12
Ocampo	509.51	191.28	35.61	1,416.10	2,159.70	3,039.06	524.11
Pénjamo	1,756.73	868.86	130.31	12,107.32	6,700.75	16,594.21	2,697.71
Pueblo Nuevo	113.94	57.97	5.81	1,246.91	445.45	656.53	127.88
Purísima del Rincón	337.75	181.44	76.47	4,241.92	1,545.55	3,948.78	956.84
Romita	384.09	195.55	25.60	3,092.12	2,237.43	3,888.52	620.96
Salamanca	2,545.43	1,799.66	7,426.74	26,974.73	8,650.06	14,499.63	1,178.08
Salvatierra	523.14	286.98	103.64	5,678.32	2,694.55	6,312.04	1,148.48
San Diego de la Unión	239.42	110.33	17.51	1,560.82	1,992.24	2,995.53	587.90
San Felipe	1,302.94	532.80	104.86	5,231.68	5,799.93	8,646.41	1,983.94
San Francisco del Rincón	336.31	173.94	22.89	5,393.54	2,370.54	4,799.26	555.59
San José Iturbide	432.40	291.83	29.63	5,532.48	2,232.75	4,594.89	642.83
San Luis de la Paz	1,261.65	1,027.06	35.11	7,041.93	4,386.62	6,064.84	1,057.01
Santa Catarina	23.75	14.98	0.72	270.60	97.71	378.75	56.66
Santa Cruz de Juventino Rosas	393.94	200.60	32.23	3,839.75	1,978.04	4,234.52	562.93
Santiago Maravatío	41.58	19.47	2.96	418.82	267.15	1,212.42	57.48

Emisiones totales, Ton/año							
Municipio	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Silao de la Victoria	1,547.81	887.39	79.17	11,861.94	5,512.38	10,617.15	751.74
Tarandacuao	73.04	39.72	4.61	710.47	545.01	1,056.98	107.27
Tarimoro	224.44	103.87	14.48	2,014.21	1,335.77	3,564.03	282.88
Tierra Blanca	61.18	44.48	1.77	684.59	212.55	905.48	191.23
Uriangato	77.34	56.68	3.64	4,993.28	836.78	2,650.80	141.35
Valle de Santiago	1,063.49	550.94	58.40	9,198.72	4,237.76	10,665.21	1,091.62
Victoria	99.30	57.47	3.61	965.28	600.38	1,463.98	253.04
Villagrán	594.73	359.68	83.31	3,113.13	1,570.16	1,971.17	536.17
Xichú	93.35	45.31	2.70	303.76	319.02	5,378.13	182.51
Yuriria	562.79	350.15	25.59	5,231.30	2,242.73	7,874.35	551.36
Total general	**28,403.25**	**16,835.22**	**10,157.53**	**411,389.33**	**143,142.71**	**290,480.58**	**35,892.75**

El municipio con mayor contribución de partículas PM_{10} es Salamanca.

Tabla 9. Contribución regional.
Fuente: (SAMA, 2021)[76]

Emisiones totales, Ton/año							
Región	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**COV**	**NH_3**
Región Noreste	2,176.63	1,584.44	87.60	16,481.11	8,828.55	20,536.81	2,806.58
Región Norte	4,045.16	2,002.94	553.51	37,978.12	22,265.75	35,092.12	9,522.70
Región Centro	13,589.44	8,762.52	8,917.13	283,236.37	78,238.31	148,855.77	13,606.74
Región Sur	8,592.02	4,485.32	599.30	73,693.72	33,810.10	85,995.88	9,956.73
TOTAL	**28,403.25**	**16,835.22**	**10,157.53**	**411,389.33**	**143,142.71**	**290,480.58**	**35,892.75**

[76] SAMA. 2021. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.

Tabla 10. Contribución regional.
Fuente: (SAMA, 2021).

Contribuciones porcentuales por Región							
Región	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOX	COV	NH_3
Región Noreste	7.66%	9.41%	0.86%	4.01%	6.17%	7.07%	7.82%
Región Norte	14.24%	11.90%	5.45%	9.23%	15.55%	12.08%	26.53%
Región Centro	47.84%	52.05%	87.79%	68.85%	54.66%	51.24%	37.91%
Región Sur	30.25%	26.64%	5.90%	17.91%	23.62%	29.60%	27.74%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Región Centro: es la región que más emisiones presentó. En esta región se emitió el 47.84% de las emisiones de PM_{10}, el 52.05% de $PM_{2.5}$, el 87.79% de dióxido de azufre, el 68.85% de monóxido de carbono, el 54.66% de óxidos de nitrógeno, el 51.24% de los compuestos orgánicos volátiles y el 37.91% de amoniaco. Las principales fuentes de PM_{10} fueron las fuentes móviles carreteras (flota vehicular), la labranza agrícola, la industria automotriz, la industria de generación de energía eléctrica, la combustión doméstica y la industria ladrillera. En el caso del dióxido de azufre la principal fue que la industria del petróleo y la petroquímica y la de generación de energía eléctrica. En cuando al monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno, las fuentes principales fueron las fuentes móviles carreteras, teniendo esta región la mayor flota vehicular del estado (SAMA, 2021)[77].
Región Sur**:** ocupó la segunda posición en cuanto a emisiones con el 30.25% de las partículas PM_{10}, el 26.64% de $PM_{2.5}$, el 5.90% del dióxido de azufre, el 17.91% de las emisiones de monóxido de carbono, el 23.62% de los óxidos de nitrógeno, el 29.60% de los compuestos orgánicos volátiles y el 27.74% de amoniaco. Las principales fuentes de PM_{10} fueron la circulación de fuentes móviles carreteras, la labranza agrícola, la combustión doméstica de leña, la actividad ladrillera y las quemas de esquilmo. En el caso del monóxido de carbono, la circulación de la flota vehicular representó la principal fuente. En cuanto a los óxidos de nitrógeno, también la flota vehicular, así como la combustión agrícola de diésel (tractores), fueron las principales fuentes. Y en cuanto a COVs, las emisiones ganaderas y la combustión doméstica fueron las principales fuentes (SAMA, 2021)[78].

Región noreste**:** generó el 7.66% de las emisiones totales de partículas PM_{10}, el 9.41% de partículas $PM_{2.5}$, el 0.86% de las emisiones de dióxido de azufre, el 4.01% de monóxido de carbono, el 6.17 % de las emisiones de óxidos de nitrógeno, el 7.07% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y el 7.82% de las emisiones de amoniaco. En el caso de las partículas PM_{10} las principales fuentes fueron la labranza agrícola, la combustión doméstica de leña y la industria de generación de energía eléctrica, y los caminos pavimentados y no pavimentados. Respecto al dióxido de azufre, la combustión agrícola de diésel, la combustión doméstica fueron las principales fuentes y también la industria de la generación de energía eléctrica. En el caso del monóxido de carbono, las principales fuentes fueron las fuentes móviles carreteras (flota vehicular) y la combustión doméstica. En cuanto a los óxidos de nitrógeno, también la flota vehicular fue una de las principales fuentes, junto a la industria de generación de energía eléctrica y la combustión agrícola de diésel. Y finalmente, respecto a los COVs, las principales fuentes fueron la combustión doméstica y las emisiones ganaderas, (SAMA, 2021)[79].

[77] SAMA . Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2021.
[78] SAMA . Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2021.
[79] SAMA . Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2021.

Región Norte**:** esta región emitió el 14.24% de las emisiones totales de PM_{10}, el 11.90% de partículas $PM_{2.5}$, el 5.45% de dióxido de azufre, el 9.23% de monóxido de carbono, el 15.55% de las emisiones de óxidos de nitrógeno, el 12.08% de compuestos orgánicos volátiles y el 26.53% de las emisiones de amoniaco. En cuanto a las emisiones de partículas PM_{10}, la labranza agrícola, la combustión doméstica, las emisiones de la flota vehicular, los caminos pavimentados y no pavimentados, y la combustión agrícola de diésel en tractores, fueron las principales fuentes. En cuanto a las emisiones de CO, las principales fuentes fueron la circulación de la flota vehicular, la combustión doméstica y los incendios forestales. Respecto a los óxidos de nitrógeno, también fue la flota vehicular, así como la combustión agrícola de diésel en tractores. Y en cuanto a compuestos orgánicos volátiles, fueron las emisiones de la flota vehicular, el manejo y distribución de gas LP y la combustión doméstica las principales fuentes emisoras, (SAMA, 2021)[80].

2.3.2 Problemática de calidad del aire en el Estado de Guanajuato

La problemática es diversa escribiéndose en lo general de la manera siguiente:

- Por la presencia de empresas en la periferia, el traslado del personal se presenta en su gran mayoría en vehículos particulares, aunque hay empresas que contratan transporte colectivo para el personal operativo.
- Aumento de vehículos con un solo ocupante se trasladan al trabajo o acude a llevar a los niños a las escuelas, ya que el tiempo de traslado en transporte público no es eficiente, por lo que en horas “pico” el congestionamiento vial aumenta, de esta manera las emisiones a la atmósfera son altas.
- En la mayoría de las ciudades, es necesario optimizar el sistema de transporte público.
- La falta de seguridad de las personas que utilizan bicicleta no favorece a que esta actividad sea una alternativa de movilidad, además del poco espacio por las avenidas o carreteras para su traslado, hacen que los accidentes sean frecuentes.
- La normatividad municipal en materia de regulación de fuentes fijas es laxa o inexistente.
- De la flota vehicular que se encuentra en el corredor industrial, solo el 30% es verificada por lo que, si el vehículo no está en óptimas condiciones, las emisiones que genera afectan la calidad del aire.
- Existen ladrilleras ubicadas dentro de la zona urbana, como fuera de ella y al hacer quemas de ladrillo a cielo abierto ocasionan grandes humaredas, afectando la salud tanto de los productores ladrilleros, como de las personas que habitan cerca de ellas.
- Los agricultores tienen el mal hábito de hacer la quema de la “pata” o esquilmo agrícola después de recoger la cosecha, ocasionando afectaciones a la atmósfera.
- El crecimiento urbano y la falta de planeación del territorio ha ocasionado la tala inmoderada de árboles nativos de la región, derivando en la pérdida de fauna, así como la falta de especies que hagan una captura de carbono.

2.3.3 Inventario de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero

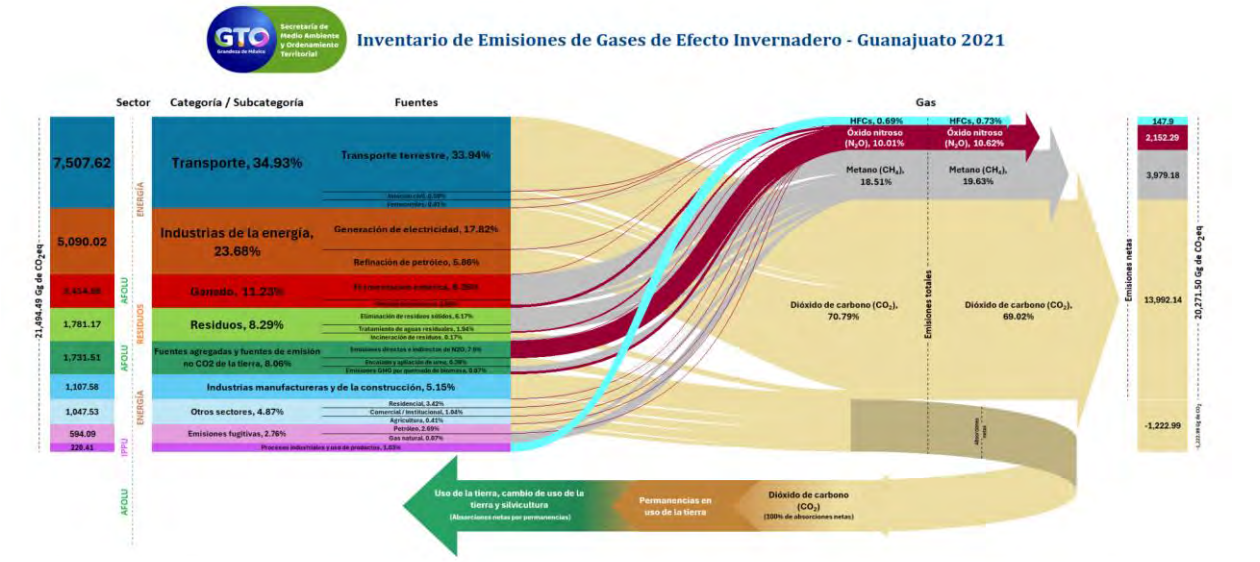
Los gases y compuestos de efecto invernadero, GyCEI, son aquellos gases atmosféricos que absorben la radiación solar y no permiten que esta regrese al espacio, fenómeno conocido como efecto invernadero. Este efecto contribuye al calentamiento global, por lo que, a mayor concentración de estos gases en la atmósfera, mayor será el calentamiento de la tierra, provocando así el cambio climático.

El objetivo de un inventario de GyCEI es identificar las principales fuentes y, en su caso, de sumideros de carbono, con la finalidad de contar con elementos para la evaluación y planificación de políticas enfocadas a reducir las emisiones de GEI a la atmósfera. Es así, que cada dos años se contabilizan las emisiones de GEI en el estado de Guanajuato tomando en cuenta cuatro grandes sectores: energía, procesos industriales y uso de productos (IPPU por sus siglas en inglés), agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), y residuos .

[80] SAMA. . Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2021.

Cada sector está conformado a su vez por categorías, subcategorías y fuentes, las cuales abonan a las emisiones totales del sector correspondiente.

Figura 17. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Estado de Guanajuato.
Fuente: SAMA 2021[81].



De acuerdo con el diagrama anterior, el sector que contribuye en mayor medida a la emisión de GEI es el energético con el 75.71%, seguido del sector Afolu con 20.45% (sin categoría de Tierras), luego el sector residuos con 8.79% y procesos industriales con 1.09%. Mientras que la categoría que registra la mayor cantidad de emisiones es el de transporte, y específicamente, la fuente de transporte terrestre (flota vehicular).

[81] SAMA. 2017. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Tabla 11. Resultados generales del inventario de GyCEI del estado de Guanajuato 2021.

SECTOR / CATEGORÍA DE FUENTE / EMISIONES TOTALES, Gg		CO_2	CH_4 (CO_2eq)	N_2O (CO_2eq)	HFC (CO_2eq)	CO_2eq
1	**ENERGÍA**	**15,091.83**	**102.58**	**152.43**	**-**	**15,346.84**
1 A	**ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLE**	**14,560.32**	**40.31**	**152.12**	-	**14,752.75**
1 A 1	INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA	5,085.18	2.41	2.43	-	5,090.02
1 A 1 a i	GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	3,826.75	1.80	1.78	-	3,830.33
1 A 1 b	REFINACIÓN DE PETRÓLEO	1,258.43	0.61	0.65	-	1,259.69
1 A 2	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN	1,106.49	0.55	0.54	-	1,107.58
1 A 3	TRANSPORTE	7,331.17	32.87	143.57	-	7,507.62
1 A 3 a	AVIACIÓN CIVIL	125.17	0.03	0.90	-	126.10
1 A 3 b	TRANSPORTE TERRESTRE	7,127.25	32.71	134.48	-	7,294.45
1 A 3 c	FERROCARRILES	78.75	0.13	8.19	-	87.07
1 A 4	OTROS SECTORES	1,037.47	4.48	5.58	-	1,047.53
1 A 4 a	COMERCIAL/INSTITUCIONAL	224.01	0.10	0.09	-	224.20
1 A 4 b	RESIDENCIAL	725.75	4.28	5.30	-	735.33
1 A 4 c	AGRICULTURA	87.71	0.10	0.19	-	87.99
1 B	**EMISIONES FUGITIVAS PROVENIENTES DE LA FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLES**	**531.51**	**62.27**	**0.31**	-	**594.09**
1 B 2	PETRÓLEO Y GAS NATURAL	531.51	62.27	0.31	-	594.09
1 B 2 a	PETRÓLEO	531.51	47.40	0.31	-	579.22
1 B 2 b	GAS NATURAL	0.00	14.87	-	-	14.88
2	**PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS**	**16.97**	**-**	**55.55**	**147.90**	**220.41**
2 A	**INDUSTRIA DE LOS MINERALES**	16.97	-	-	-	**16.97**
2 A 4	OTROS USOS DE CARBONATOS EN LOS PROCESOS	16.97	-	-	-	16.97
2 B	**INDUSTRIA QUÍMICA**	-	-	**55.55**	-	**55.55**
2 B 2	PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO	-	-	3.24	-	3.24
2 B 4	PRODUCCION DE CAPROLACTAMA, GLIOXAL Y ÁCIDO GLIOXÍLICO	-	-	52.31	-	52.31
2 F	**USO DE PRODUCTOS SUSTITUTOS DE LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZO**	-	-	-	**147.90**	**147.90**
2 F 1	REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	-	-	-	147.90	147.90
2 F 1 a	REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO ESTACIONARIO	-	-	-	30.85	30.85
2 F 1 b	AIRE ACONDICIONADO MÓVIL	-	-	-	117.05	117.05
3	**AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA, AFOLU**	**- 1,140.04**	**2,187.98**	**1,875.13**	**-**	**2,923.08**
3 A	**GANADO**	-	**2,177.84**	**236.72**	-	**2,414.56**
3 A 1	FERMENTACIÓN ENTÉRICA	-	1,795.47	-	-	1,795.47
3 A 2	GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL	-	382.37	236.72	-	619.09
3 B	**TIERRA**	**- 1,222.99**	-	-	-	**- 1,222.99**
3 B 1	TIERRAS FORESTALES	- 1,025.43	-	-	-	- 1,025.43
3 B 2	TIERRAS DE CULTIVO	53.07	-	-	-	53.07
3 B 3	PASTIZALES	- 270.95	-	-	-	- 270.95
3 B 4	HUMEDALES	1.39	-	-	-	1.39
3 B 5	ASENTAMIENTOS	4.03	-	-	-	4.03
3 B 6	OTRAS TIERRAS	14.89	-	-	-	14.89
3 C	**FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO2 DE LA TIERRA**	**82.95**	**10.14**	**1,638.41**	-	**1,731.51**
3 C 1	EMISIONES DE GHG POR QUEMADO DE BIOMASA	-	10.14	4.70	-	14.84
3 C 1 a	EMISIONES DEL QUEMADO DE BIOMASA EN TIERRAS FORESTALES	-	7.52	4.00	-	11.52
3 C 1 b	EMISIONES DEL QUEMADO DE BIOMASA EN TIERRAS DE CULTIVO	-	0.81	0.20	-	1.00
3 C 1 c	EMISIONES DEL QUEMADO DE BIOMASA EN PASTIZALES	-	1.81	0.51	-	2.32
3 C 2	ENCALADO	1.76	-	-	-	1.76
3 C 3	APLICACIÓN DE UREA	81.19	-	-	-	81.19
3 C 4	EMISIONES DIRECTAS DE N2O DE SUELOS GESTIONADOS	-	-	1,377.16	-	1,377.16
3 C 5	EMISIONES INDIRECTAS DE N2O DE SUELOS GESTIONADOS	-	-	155.51	-	155.51
3 C 6	EMISIONES INDIRECTAS DE N2O RESULTANTES DE LA GESTIÓN DE ESTIÉRCOL	-	-	101.03	-	101.03
4	**RESIDUOS**	**23.38**	**1,688.62**	**69.18**	**-**	**1,781.17**
4 A	**ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**	-	**1,326.59**	-	-	**1,326.59**
4 C	**INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE RESIDUOS**	**23.38**	**13.67**	**0.00**	-	**37.05**
4 C 1	INCINERACIÓN DE RESIDUOS	1.90	-	-	-	1.90
4 C 2	INCINERACIÓN ABIERTA DE RESIDUOS	21.48	13.67	0.00	-	35.16
4 D	**TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**	-	**348.35**	**69.17**	-	**417.53**
4 D 1	TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	-	248.89	69.17	-	318.07
4 D 2	TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	-	99.46	-	-	99.46
EMISIONES NETAS (CON TIERRAS)		**13,992.14**	**3,979.18**	**2,152.29**	**147.90**	**20,271.50**
EMISIONES TOTALES (SIN TIERRAS)		**15,215.13**	**3,979.18**	**2,152.29**	**147.90**	**21,494.49**

Nota: En el caso del sector AFOLU, los resultados con signo negativo (-), denotan absorciones de dióxido de carbono (sumideros de carbono).

2.3.4 Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)

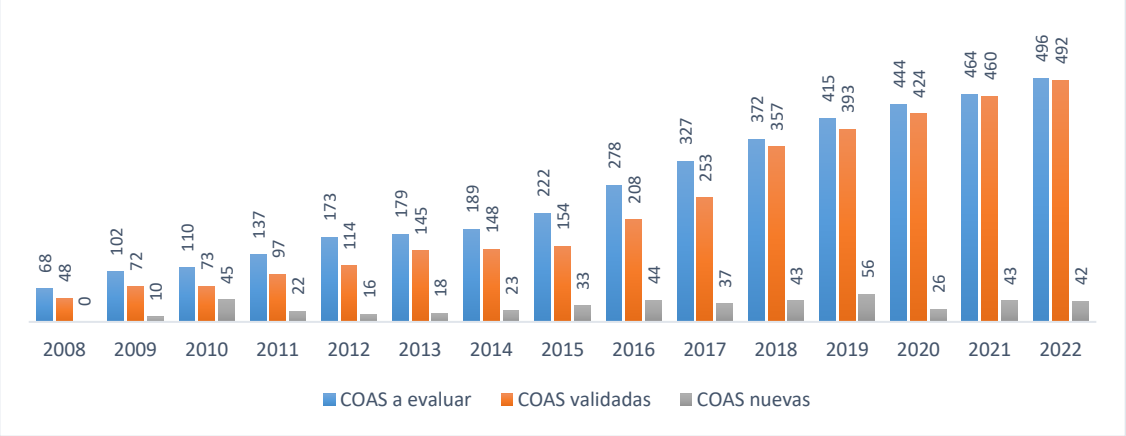
El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), es un instrumento federal de política ambiental que difunde anualmente la información sobre las emisiones y transferencias de las Sustancias RETC, listadas en la NOM-165-SEMARNAT-2013, que son generadas por los establecimientos sujetos a reporte conforme al marco legal vigente.

En el estado de Guanajuato el RETC se conforma y actualiza periódicamente con la información que presentan los establecimientos industriales que tienen su funcionamiento como fuente fija de jurisdicción estatal, siendo la Cédula de Operación Anual (COA) el principal instrumento de reporte. Con base en la información presentada a COA por parte de los establecimientos industriales que tienen su funcionamiento como fuente fija de jurisdicción estatal, se integró el RETC año de reporte 2022, con datos de la operación de 492 industrias (SAMA,2022)[82]. De las sustancias reportadas destacan las siguientes: i) emisiones al aire: gases de efecto

[82] SAMA. 2020. Datos del Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

invernadero; hidrocarburos aromáticos y alifáticos; sustancias agotadoras de la capa de ozono; y ii) transferencias al agua de metales. Dentro de los subsectores reportados se encuentran: la industria del curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos; la industria alimentaria; fabricación de equipo de transporte, industria del plástico y del hule; entre otros.

El RETC tuvo una validación del 99.1% con un total de 492 COA´s, correspondientes al periodo de operaciones en el año 2022.



Gráfica 24. Tendencia de cumplimiento y validación de COA´s 2008-2022.
Fuente: Elaboración propia SAMA.

En la siguiente figura se muestra la distribución de las fuentes fijas de jurisdicción estatal que reportaron su trámite de COA en el año 2022.

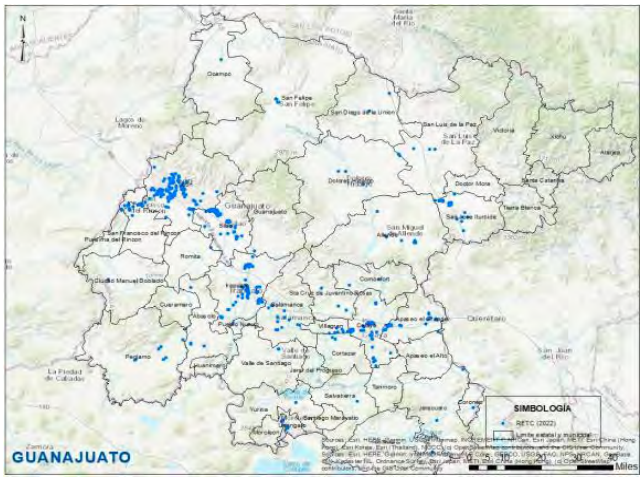


Figura 18. Distribución de fuentes fijas estatales que reportan su trámite COA en 2022. [83]
Fuente: SAMA, 2022.

El municipio de Celaya cuenta con un RETC integrado por 49 establecimientos comerciales y de servicios que cumplieron con las condiciones para ser validadas de acuerdo con la información de sus operaciones realizadas en el año 2022.

[83] SAMA. 2022. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

En la siguiente figura se muestra la distribución de fuentes fijas municipales en el RETC 2022 en el municipio de Celaya.

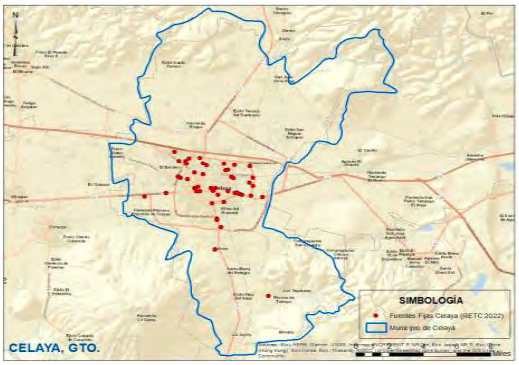


Figura 19. Distribución de fuentes fijas municipales de Celaya en 2022. [84]
Fuente: SAMA, 2022.

Así mismo el municipio de León cuenta con un RETC que integra 120 establecimientos de comercios y servicios de acuerdo con la información de sus operaciones realizadas en 2022.

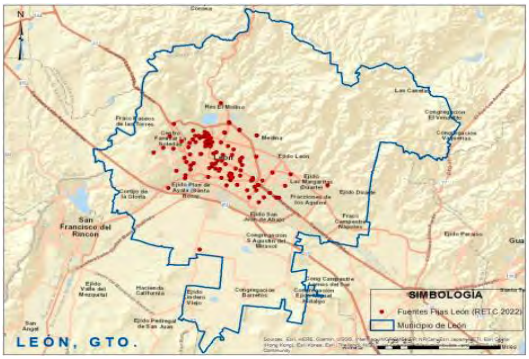


Figura 20. Distribución de fuentes fijas municipales de León en 2022. [85]
Fuente: SAMA, 2022.

2.3.5. Caracterización de olores ofensivos.

La OMS define cuatro características para los olores: la intensidad, entendida como la fuerza de la sensación percibida; la calidad, que es el carácter diferenciador de un olor, lo que permite identificarlo; la aceptabilidad, como el grado de gusto o disgusto de un olor; el umbral del olor, como la concentración mínima de un estímulo odorífico capaz de provocar una respuesta (OMS. Indoor air quality)[86].

La caracterización de los olores se puede realizar mediante dos técnicas esencialmente: sensoriales y analíticas. Las técnicas sensoriales se basan en la percepción de los olores por el olfato humano. También incluyen la determinación del carácter de un olor (mapeo) y el nivel de agrado o desagrado de un olor (tono hedónico). Las técnicas analíticas son métodos tradicionales de análisis químico para medir la concentración de compuestos específicos presentes en un olor.

Existen diversos métodos y tecnologías empleados para el tratamiento de emisiones gaseosas, y se pueden clasificar en dos grandes grupos: fisicoquímicas y biológicas. Cada actividad industrial tiene problemáticas

[84] SAMA. 2022. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

[85] SAMA. 2022. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

[86] Organización Mundial de la Salud. Indoor air quality: organic pollutants. Copenhagen: EURO Reports and Studies; 1989.

diferentes que hacen que los sistemas de eliminación de olores requeridos sean diferentes. La elección del método apropiado debe considerar aspectos como la naturaleza del olor, volumen y concentración del gas a tratar, características del gas contaminante, características de los subproductos, entre otros. El grado de eficacia requerido y el tratamiento adecuado, están, pues, ligados a un análisis detallado de la situación (Ramírez M, Cantero D, Gómez JM.)[87].

2.4 Estado

El estado de las condiciones de calidad del aire se puede conocer mediante el análisis de datos de concentraciones de los contaminantes, por lo que requiere una interpretación de acuerdo con los parámetros de los límites máximos permisibles de cada contaminante indicados en la normatividad para la protección de la salud en materia de calidad del aire. Aunado a lo anterior y sabiendo que la emisión de contaminantes atmosféricos genera condiciones desfavorables de calidad del aire, es importante mencionar que también es influenciada por las condiciones atmosféricas y climatológicas, por lo que es importante realizar un análisis más transversal tomando en cuenta el contexto territorial, el inventario de emisiones para establecer la relación causal con el estado de la calidad del aire.

2.4.1 Normas Oficiales Mexicanas de Calidad del Aire

La contaminación atmosférica urbana representa uno de los mayores problemas en los últimos años ya que, el incremento de las actividades humanas como el uso intensivo de combustibles fósiles, minería a cielo abierto, fracturación hidráulica para obtener gas y petróleo, o la explotación de minas de carbón, han propiciado concentraciones cada vez mayores de agentes contaminantes y, particularmente debido a las complicaciones químicas que implican estos agentes; cualquier gas combinado con oxígeno se vuelve dañino para la salud de las personas, lo que será determinante es el nivel de concentración de los agentes contaminantes y la duración a que se exponga la persona u organismo vivo a aquél. Los contaminantes criterio son aquellos contaminantes normados por Normas Oficiales Mexicanas de Salud, a los que se les han establecido un límite máximo permisible de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población.

Los factores contaminantes más dañinos a la salud y medio ambiente pueden clasificarse según su durabilidad en el aire ambiente. Hay contaminantes de corta duración, es decir, hasta quince años aproximadamente: metano (CH_4), partículas de carbono negro, ozono troposférico (O_3), monóxido de carbono (CO) y gases fluorados, como el hidrofluorocarbono (HFCs); así como contaminantes de larga duración de hasta cientos de años como el dióxido de carbono (CO_2), partículas suspendidas o material particulado (PM) y dióxido de azufre (SO_2). Los contaminantes de corta duración surgen en su mayoría de la combustión incompleta de biomasa y de combustibles fósiles, como la gasolina o el diésel en los vehículos de combustión interna.

El metano o CH_4 es un compuesto que contribuye a la formación del ozono troposférico (O_3) y es un potente contaminante causante del calentamiento global y del cambio climático, sus emisiones provienen principalmente de las actividades agrícolas, ganaderas, embalses de agua, debido al proceso de descomposición de material orgánico sumergido, minas de carbón, así como los residuos sólidos generados en las ciudades, además, este compuesto es un subproducto de la extracción y distribución de los combustibles fósiles.

Las partículas de carbono negro forman parte de las llamadas partículas finas, sus emisiones provienen principalmente la combustión incompleta de diésel, queroseno y gasóleo, fogatas, fuegos al aire libre y quema de residuos sólidos urbanos; por lo que la actividad humana es la causa principal de este contaminante.

El ozono troposférico (O_3), es uno de los componentes principales del smog. Se forma por la combinación de gases hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NOx) no es emitido directamente por alguna fuente, necesita para formarse la adición de luz solar y radiación ultravioleta. Los

[87] Ramírez M, Cantero D, Gómez JM. Viabilidad de un Proceso para la Eliminación Conjunta de H2S y NH3 Contenido en Efluentes Gaseosos. Cádiz: Universidad de Cádiz - Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnología del Medio Ambiente; 2007.

componentes de este contaminante criterio provienen principalmente de las emisiones de vehículos automotores y de las industrias, por lo que la acción humana está presente en su propagación. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático lo consideró como un contaminante que regularmente no cumple con los límites máximos previstos en las NOM.

El monóxido de carbono o CO se considera un gas contaminante de corta duración y está catalogado como contaminante criterio, es producido por la combustión incompleta de hidrocarburos, aunque se genera naturalmente en los océanos, en las ciudades alrededor del 80% de emisiones de este gas es producido por los escapes de los vehículos automotores.

El dióxido de carbono o CO_2 está considerado un gas de efecto invernadero y de larga duración, de los más dañinos ya que contribuye al calentamiento global y al cambio climático, todos los seres vivos emiten este compuesto al respirar. El CO_2 combinado con las emisiones de coches, aviones e industrias que utilizan combustibles fósiles como gasolinas o diésel, se convierte en un contaminante. Hay datos preocupantes en cuanto a la concentración del CO_2 en la atmósfera, ya que en el último millón de años se había mantenido entre 200 y 280 partes por millón, hoy día se encuentra por encima de las 390 ppm, es decir 40% más de lo que el planeta tierra mantenía hasta hace ciento sesenta años.

El material particulado o PM en el aire ambiente, consiste en una mezcla compleja de partículas sólidas y líquidas, especialmente dañinas al organismo de las personas. Descrito como un contaminante criterio, estas partículas contienen carbono negro que provoca impacto en el cambio climático. Estas partículas se clasifican de diversas maneras, dependiendo ya sea de su origen o de su tamaño, lo anterior impacta directamente en los daños que ocasionan en la salud, las partículas más perjudiciales son las más pequeñas, ya que pueden infiltrarse fácilmente en el organismo de las personas; se forman principalmente por la acción de los combustibles fósiles en combinación con la atmósfera, por lo que las actividades humanas juegan un papel importante en su generación. Las más dañinas son clasificadas por el tamaño de su diámetro en 2.5 y 10 micrómetros, las cuales son previstas tanto por la normatividad interna como internacional como contaminante criterio. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático las consideró como un contaminante que regularmente no cumple a nivel nacional con los límites máximos previstos en la NOM siendo uno de los principales contaminantes.

El dióxido de azufre o SO_2 es un gas contaminante emitido a causa del uso de combustibles fósiles, en mayor escala a través de plantas generadoras de energía y plantas industriales, y en menor escala por los vehículos automotores a base de gasolina o diésel. Este gas contribuye a la formación de PM descrito anteriormente, influye negativamente en los ecosistemas terrestres y en el agua dulce ya que provoca acidificación.

El dióxido de nitrógeno o NO_2 considerado contaminante criterio, es otro gas de los principales contaminantes que provoca la formación del ozono troposférico y partículas finas $PM_{2.5}$, se genera en mayor medida por los procesos de combustión interna de automóviles, incendios a cielo abierto y por la generación de energía en plantas industriales fijas como la refinación del petróleo; al igual que el SO_2 provoca acidificación y daños en los ecosistemas terrestres, siendo de esta manera las fuentes antropogénicas las más comunes en su formación.

Existen otros contaminantes que participan en la formación del ozono troposférico, son los compuestos orgánicos volátiles o COV´s, estos compuestos presentan altos niveles de toxicidad y encuentran su origen en procesos relacionados con la explotación de combustibles fósiles, la fabricación de pinturas, disolventes y recubrimientos; así como en la práctica de perforación y fracturación hidráulica mejor conocida como fracking, la cual genera altos niveles de smog en las áreas circundantes, disminución en la calidad del aire y altas concentraciones de COV´s.

Los contaminantes descritos son de especial relevancia, ya que actualmente sus emisiones y límites son objeto de regulación administrativa a través de normas oficiales mexicanas, las cuales se describen a continuación.

Las Normas Oficiales vigentes son las siguientes:

- Para partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$: NOM-025-SSA1-2021.
- Ozono (O_3): NOM-020-SSA1-2021.
- Dióxido de azufre (SO_2): NOM-022-SSA1-2019.
- Monóxido de carbono (CO): NOM-021-SSA1-2021.
- Dióxido de nitrógeno (NO_2): NOM-023-SSA1-2021.

Las Normas Oficiales definen las concentraciones aceptables durante diferentes periodos de exposición. La tabla siguiente resume los indicadores con los que se evalúa el cumplimiento de las NOM de salud con respecto a cada uno de los Contaminantes Criterio.

Tabla 12. Normas Oficiales Mexicanas sobre salud y calidad del aire.

CONTAMINANTE	DATO BASE UTILIZADO PARA LA EVALUACIÓN	EXPOSICIÓN	FRECUENCIA TOLERADA	VALOR LÍMITE INDICADOR CON EL QUE SE EVALÚA
PARTÍCULAS PM_{10} NOM-025-SSA1-2021	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	70 µg/m³ Máximo
PARTÍCULAS $PM_{2.5}$ NOM-025-SSA1-2021	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	41 µg/m³ Máximo
OZONO (O_3) NOM-020-SSA1-2021	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	No se permite	0.065 ppm Máximo
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2) NOM-022-SSA1-2019	Promedio de 24 horas	Aguda	1 vez cada 3 años	40 ppb Máximo
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2) NOM-023-SSA1-2021	Dato horario	Aguda	1 vez al año	0.106 ppm Máximo
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) NOM-021-SSA1-2021	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	1 vez al año	9.0 ppm Máximo

2.4.2 Normativa relacionada con olores ofensivos

La contaminación ambiental derivada de los malos olores se ha convertido en un problema constante en algunas regiones de Guanajuato, ya sea que provengan de fuentes industriales, como fábricas, maquiladoras, basureros, etc.; o comerciales, como crematorios, mataderos, restaurantes, etc. Los municipios que han presentado quejas por parte de la ciudadanía a través de las áreas ambientales son Celaya, Salamanca y León.

La contaminación odorífera, es uno de los aspectos de más difícil regulación, ya que las molestias generadas por olores son conceptos subjetivos y dependen de factores individuales; personas expuestas al mismo olor, pero con diferentes niveles de sensibilidad o percepción a los mismos, refieren diferente molestia.

La Norma Europea Olores UNE-EN 13725 2004[88], define un método para la determinación objetiva de la concentración de olor de una muestra gaseosa usando olfatometría dinámica con evaluadores humanos y de la velocidad de emisión de olores que emanan de fuentes puntuales, fuentes superficiales con flujo hacia el exterior y fuentes superficiales sin flujo hacia el exterior. La aplicación principal es proporcionar una base común para la evaluación de las emisiones de olor en los Estados Miembros de la Unión Europea.

En México, hasta el momento, no existe una norma oficial mexicana para evaluar el impacto de un olor. De tal modo que, en el país, el problema actual de contaminación por olores gira alrededor de cómo legislar y más aún, cómo medir algo tan subjetivo como un olor.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en su artículo 7 fracción VII y artículo 8 fracción VII, establece que la regulación de la prevención de la contaminación por olores perjudiciales es facultad de los estados. De acuerdo con dicha ley, la Secretaría de Salud debe estudiar el problema y proveer la vigilancia necesaria para determinar en qué momento se producen daños a la salud de la población por contaminación de olores. Sin embargo, en el estado de Guanajuato la Ley para la Preservación y Protección del Ambiente en el Estado de Guanajuato en su artículo 55 faculta a la Procuraduría Ambiental y de

[88] Norma Europea UNE-EN 13725:2004 “Calidad del Aire”. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.

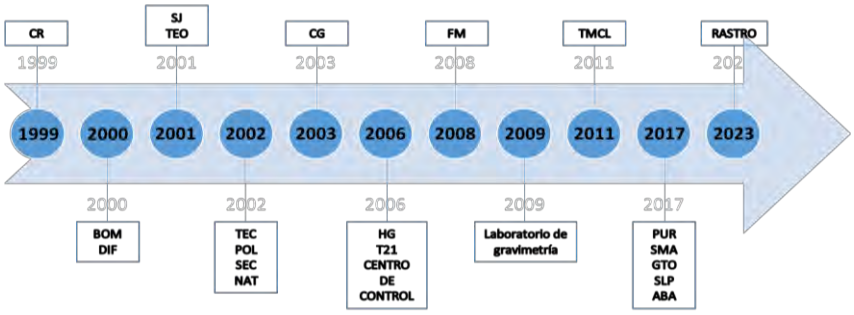
Ordenamiento Territorial del Estado a coadyuvar en la vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en la prevención y control de la contaminación por la emisión de olores perjudiciales al equilibrio ecológico o al ambiente provenientes de fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales que no sean de competencia federal. Así mismo el Reglamento de la Ley para la Protección y Presentación del Ambiente del Estado de Guanajuato en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera en su Capítulo III obliga a las fuentes fijas de jurisdicción estatal al cumplimiento de la Normas Oficiales mexicanas y en disposiciones estatales que se expidan en materia de emisiones de olores. De la misma manera requerirán autorización de la SAMA que podrá otorgarse a través de la Licencia Ambiental de Funcionamiento correspondiente en materia de emisiones de olores.

2.4.3 Monitoreo atmosférico en el estado de Guanajuato.

Desde el año 1999 a la fecha, se encuentra en funcionamiento el Sistema de Monitoreo de la Calidad del aire del Estado de Guanajuato "SIMEG "adscrito a la Dirección General de Calidad del Aire de la SAMA. El SIMEG está conformado por 6 componentes los cuales actúan en conjunto para poder funcionar como un sistema, integrados por la Red automática, Red Manual, Red Meteorológica, las cuales se encuentran en cada una de las estaciones y es en estas donde se generan los datos de calidad del aire y meteorológicos. Asimismo, para lograr un correcto funcionamiento de todos los equipos se tiene un Taller de Mantenimiento y un Laboratorio de Calibraciones (TMLC), los cuales se encargan de darle mantenimiento a los equipos de monitoreo para lograr su correcto funcionamiento tanto preventivo como correctivo, y un Centro de Control, el cual se encarga de recibir, validar y publicar la información generada en las estaciones de monitoreo, donde se detectan las posibles fallas de los equipos y donde se canalizan de acuerdo a lo que se requiera.

El SIMEG ha permitido conocer las concentraciones de los contaminantes en el aire a los que la población de los municipios se encuentra expuesta, haciendo posible mantener informada a la población oportunamente sobre las condiciones de la calidad del aire, así como poder activar alertas tempranas, contingencias ambientales, o informar a la población de algún evento de vulnerabilidad de contaminación al que puedan estar expuestos.

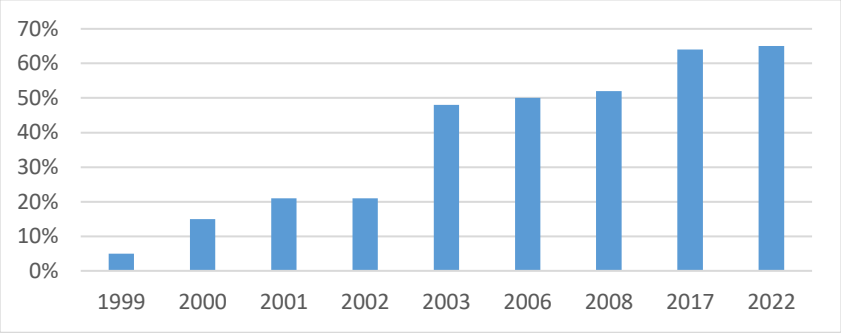
El desarrollo cronológico de los componentes de la red automática del SIMEG en los municipios mencionados anteriormente se detallan en el siguiente esquema, siendo Salamanca el primer municipio donde se instaló una estación de monitoreo.



Abasolo (ABA).
Celaya (TEC= Tecnológico, POL= Policía, SJ= San Juanico, Rastro).
Irapuato (SEC= Secundaria, TEO= Teódula, BOM= Bomberos).
León (T21, FM= Facultad de medicina, CG= CICEG).
Guanajuato (GTO).
Purísima del Rincón (PUR).
Salamanca (CR= Cruz Roja, NAT= Nativitas, DIF).
San Luis de la Paz (SLP).
San Miguel de Allende (SMA).
Silao (HG= Hospital General).

Figura 21. Evolución del SIMEG.
Fuente: SAMA, elaboración propia.

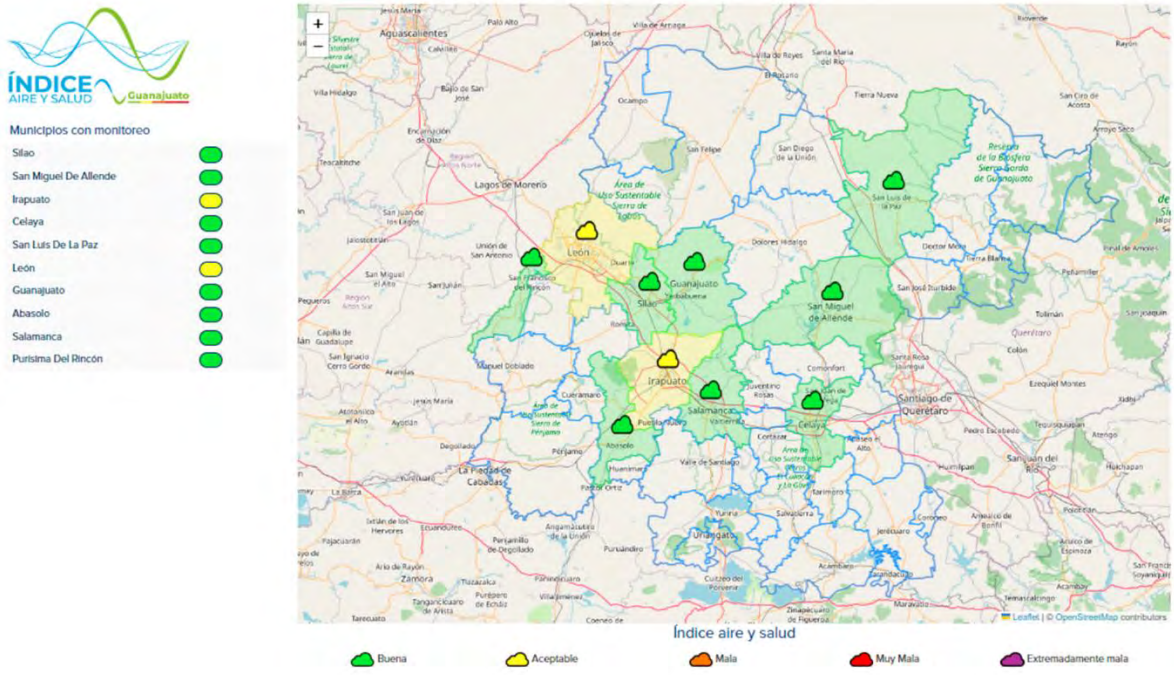
El Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (SIMEG) cuenta con la red de monitoreo más importante del país, tiene la mejor y más equipada red de monitoreo de la calidad del aire después de la CDMX. Mide la concentración de los principales contaminantes criterio (PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, O_3, NO_2, CO) en 10 municipios: Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao, León, Abasolo, Guanajuato, San Miguel de Allende, San Luis de la Paz y Purísima del Rincón, con lo cual se da cobertura al 65% de la población del Estado, esperando que al 2024 se cuente con una cobertura del 72%.



Gráfica 25. Evolución de la cobertura de monitoreo en el Estado de Guanajuato.
Fuente: SAMA.

Cuenta con 19 estaciones fijas de monitoreo de calidad del aire. En la siguiente imagen, se puede apreciar la localización de los municipios, indicando además un ejemplo de las condiciones de la calidad del aire presente en cada uno de ellos, según el cumplimiento de la normatividad oficial vigente.

Figura 22. Municipios con monitoreo e Índice Aire y Salud.
Fuente: SAMA, 2020[89].



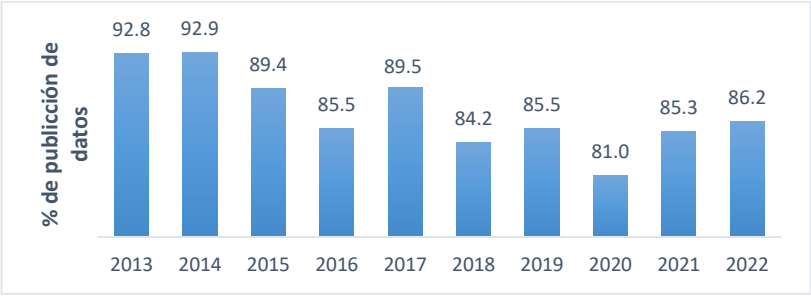
[89] SAMA. 2022. Subsistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA), https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/monitoreo/

La localización de cada una de las estaciones automáticas se aprecia en la siguiente imagen:



Figura 23. Ubicación de las estaciones de monitoreo automáticas.
Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, el SIMEG ha mantenido un desempeño de publicación de datos suficiente por encima del 80%.



Gráfica 26. Histórico del porcentaje de desempeño de publicación anual de datos del SIMEG.
Fuente: Elaboración propia SAMA.

Las estaciones del SIMEG requieren del servicio de calibración para verificar que las mediciones y los datos generados cumplen con los estándares de calidad para poder ser publicados y dar cumplimiento a la NOM-172-SEMARNAT-2019, por lo que el SIMEG cuenta con el Laboratorio de Calibraciones con los instrumentos e insumos necesarios para realizar la calibración de los diversos analizadores de contaminantes y variables meteorológicas.

2.4.4 Centro de Información sobre Contaminación de la Atmósfera

En 2021 se instaló el Centro de Información sobre Contaminación de la Atmósfera (CEICA) en las oficinas de la Secretaría del Agua y Medio Ambiente con sede en el centro administrativo Pozuelos en la ciudad de Guanajuato Capital. El cual tiene el propósito de proveer de información confiable y oportuna respecto de la contaminación atmosférica, las fuentes que la generan en los municipios del estado de Guanajuato, así como los riesgos a la salud de la población, lo cual da soporte al diseño, evaluación e instrumentación de la política estatal en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

El CEICA se compone los siguientes apartados:

Monitoreo Atmosférico

Se lleva a cabo la revisión, procesamiento, validación y difusión de la información generada en tiempo real por las estaciones que integran el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (SIMEG), así como los riesgos a la salud de la población. Así también, se realiza la evaluación y generación de estadísticas respecto del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en materia de salud ambiental.

Verificación Vehicular

Se realiza el monitoreo, procesamiento y análisis de la información generada en los centros de verificación vehicular autorizados en el estado que integran el Sistema Estatal de Verificación Vehicular (SEVV), así como la logística de distribución y autorización de venta de constancias y distintivos. También, provee de la información sobre las emisiones contaminantes de los vehículos automotores para la evaluación del impacto en la calidad del aire.

Instrumentos de gestión

Se genera información respecto de los contaminantes atmosféricos provenientes de las diferentes fuentes, se desarrollan análisis sobre la dinámica de las concentraciones en aire ambiente, y evaluación de los impactos en la salud de la población.

- Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores
- Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
- Modelos de evaluación de impactos en salud
- Modelos de simulación de la dispersión de contaminantes
- Pronósticos de calidad del aire

Cooperaciones Internacionales

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la SAMA, los gobiernos municipales de León, Salamanca y Celaya, así como la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID), compartieron información con sus pares en India en la región de Bhubaneswar y Cuttack a través de seminarios virtuales, con miras a diseñar los proyectos, que se implementarían en 2022 en la India. Los diseños de dichos proyectos descansaron en criterios como:

- El entendimiento de la estructura institucional y de gobernanza de México e India, para establecer un marco base que permita compartir información durante la cooperación.

- El análisis y comprensión de los mecanismos de recopilación de datos e información relacionada a calidad del aire, de los gobiernos estatales y locales de ambos países.
- El intercambio de conocimientos y buenas prácticas para la gestión de la calidad del aire, por ejemplo, la experiencia de México en el desarrollo y ejecución del programa ProAire.
- Los sistemas de evaluación y seguimiento basados en resultados, desarrollados por Alemania y México para medir los alcances, efectividad y beneficios de las acciones realizadas.
- La comprensión de formas efectivas de planificación e implementación de medidas y directrices de aire limpio, llevadas a cabo en Alemania y la Unión Europea.

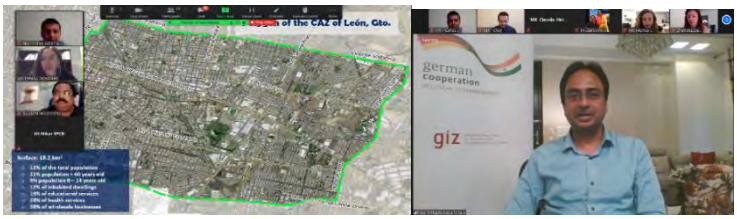


Figura 24. Sesiones virtuales de la cooperación triangular Alemania-México-India.

A la fecha, se está desarrollando la “Breathable Cities Community of Practice” (comunidad de práctica de ciudades respirables), que favorece el intercambio con ciudades europeas y facilita la implementación de los proyectos en la India.

2.4.5 Operación del Laboratorio Móvil

El laboratorio móvil de calidad del aire, único a nivel nacional, tiene el objetivo de identificar y medir contaminantes y compuestos que no se encuentran dentro de los establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas, sin embargo, pueden tener afectaciones a la salud humana. El laboratorio cuenta con equipos analizadores de alta especialidad y que habitualmente no se encuentran en las estaciones de monitoreo atmosférico.

- Un equipo analizador de Carbono Negro, contaminante climático de vida corta, que no sólo produce el calentamiento de la atmósfera, sino también deteriora la calidad del aire y se le ha asociado con efectos negativos graves sobre la salud humana.
- Un Cromatógrafo de Gases, capaz de medir las concentraciones de hasta 52 compuestos orgánicos volátiles y azufrados, perjudiciales para la salud y algunos de ellos causantes de olores.
- Un equipo analizador de Partículas PM_{10}.
- Una estación meteorológica.

El laboratorio tiene la versatilidad de desplazarse e instalarse para realizar campañas de medición por periodos que van desde meses a años, a fin de caracterizar las condiciones de una zona o ciudad, además de identificar incrementos en las concentraciones de compuestos o contaminantes no normados durante eventualidades atmosféricas. La información generada permitirá contar con elementos para identificar las posibles fuentes de emisión de tales compuestos y establecer medidas de mitigación para la protección de la salud de la población. Debido a la naturaleza y propósito del laboratorio, la información generada no se publica en el Subsistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA). A la fecha el laboratorio se ubica en el municipio de Salamanca, con la finalidad de caracterizar la ciudad respecto de sus emisiones.



Figura 25. Laboratorio móvil de calidad del aire, para la medición de compuestos orgánicos volátiles, azufrados y carbono negro.

2.4.6 Cumplimiento normativo histórico en municipios con monitoreo atmosférico

Como ya se mencionó, cada contaminante se rige bajo las especificaciones de las normas de la Secretaría de Salud, en donde se especifican los límites máximos permisibles, así como los tiempos de exposición. Un indicador de calidad del aire se puede definir como la cantidad de veces en las que cada contaminante sobrepasa los límites establecidos por las normas; en este sentido, a continuación, se muestra la cantidad de veces por día, en la que cada contaminante no cumplió las especificaciones de los límites máximos permisibles de cada norma correspondiente.

El contaminante que más sobrepasa lo establecido por las normas es son las partículas PM_{10}, principalmente en el municipio de Celaya, teniendo una cantidad máxima de 197 días por encima del valor establecido en la NOM-025-SSA1-2014 en 2017, seguido de León con 174 días, por Irapuato con 167 días, por Silao con 109 días y por último Salamanca 108 por encima del valor de la norma en el mismo año.

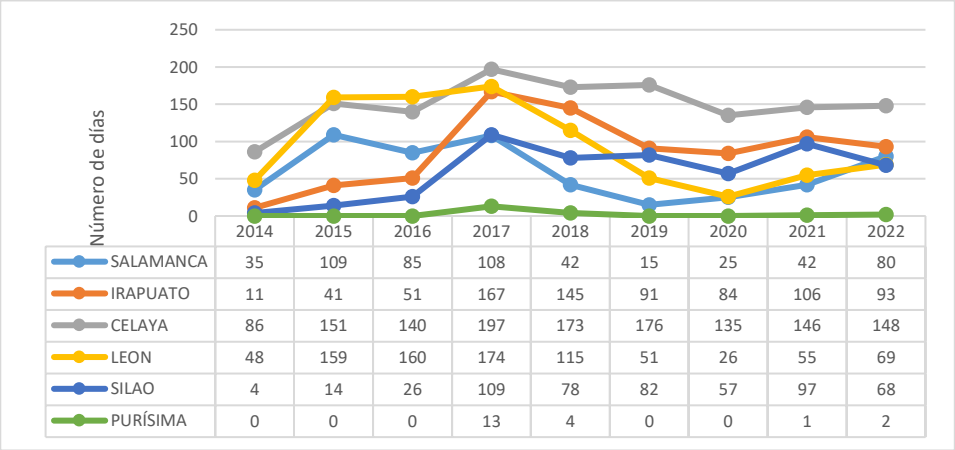
Mientras que las partículas PM2.5, registraron menos días por encima del valor establecido en la misma norma, siendo León el municipio que registró más días en 34 ocasiones en 2016, seguido de Celaya con 26 días y Salamanca con 25 días e Irapuato con 20 días en 2017, por último, Abasolo con 11 y Silao con 7 días.

Sin embargo, a pesar de que la cantidad de días en los que se rebasaron las concentraciones de las partículas, es una cantidad considerablemente alta, es importante mencionar que esta cantidad de días tanto para las PM_{10} como las $PM_{2.5}$, disminuyeron en comparación al año 2017, siendo que para las partículas PM_{10} Celaya disminuyó un 24% (de un máximo de 197 días en 2017 a 148 días en 2022), León disminuyó un 60% (de un máximo de 174 días 2017 a 69 días en 2022), Irapuato disminuyó 44% (de un máximo de 167 días en 2017 a 93 días en 2022), Silao disminuyó 37% (de un máximo de 109 días en 2017 a 68 días en 2022).

Mientras que para las $PM_{2.5}$ de igual manera se tuvo una disminución en comparación con el año 2016 en la mayoría de los municipios con monitoreo, León fue el que registró un porcentaje mayor de disminución de días, siendo del 94% (de 34 a 2 días en 2022), Abasolo disminuyó un 63% (11 a 4 días en 2022), Irapuato disminuyó un 55% (de 20 a 9 días en 2022) y Salamanca disminuyó un 48% (de 25 a 13 días en 2022); sin embargo Silao, fue el único municipio que registró más que los años anteriores, ya que en 2020 registró 7 días. En los municipios de San Miguel de Allende y San Luis de la Paz, no se presentaron días fuera de los límites establecidos.

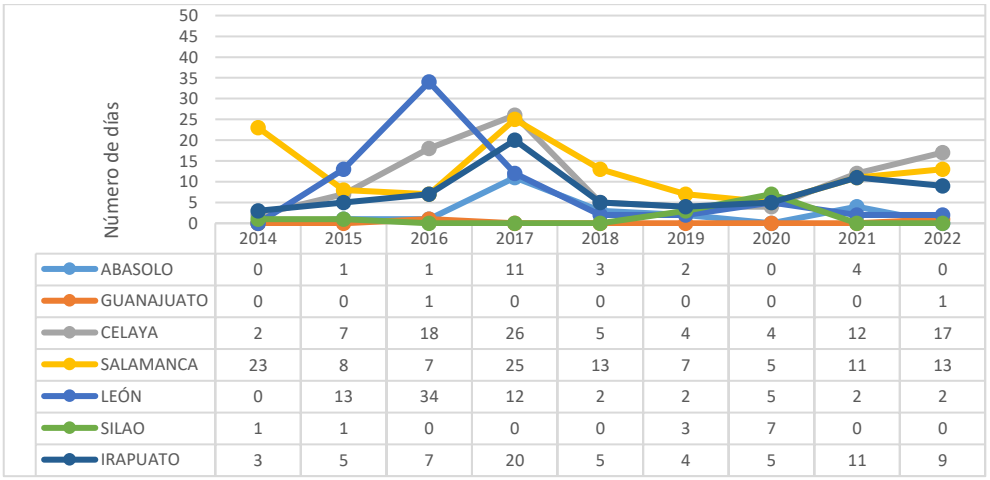
Cabe mencionar que en el periodo del 2014 al 2022 la normativa se actualizó, para partículas PM_{10} la NOM-025-SSA1-2014 (Límite móvil de 24 hrs: 75 µg/m3) en el periodo del 2014 al 2021 y la NOM-025-SSA1-2021 (Límite móvil de 24 hrs: 70 µg/m3) después del año 2022. Y para las partículas $PM_{2.5}$ aplicó la NOM-025-SSA1-

2014 (Límite: 45 µg/m3) en el periodo del 2014 al 2021 y la NOM-025-SSA1-2021 (Límite: 41 µg/m3) a partir del año 2022.



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
SALAMANCA	35	109	85	108	42	15	25	42	80
IRAPUATO	11	41	51	167	145	91	84	106	93
CELAYA	86	151	140	197	173	176	135	146	148
LEON	48	159	160	174	115	51	26	55	69
SILAO	4	14	26	109	78	82	57	97	68
PURÍSIMA	0	0	0	13	4	0	0	1	2

Gráfica 27. Número de veces en que se sobrepasó los límites de partículas PM_{10} que establece la NOM-025-SSA1-2014, aplicable a los años del 2014 al 2021 y la NOM-025-SSA1-2021 aplicable a partir del 2022.
Fuente: Elaboración SAMA con información del SEICA.

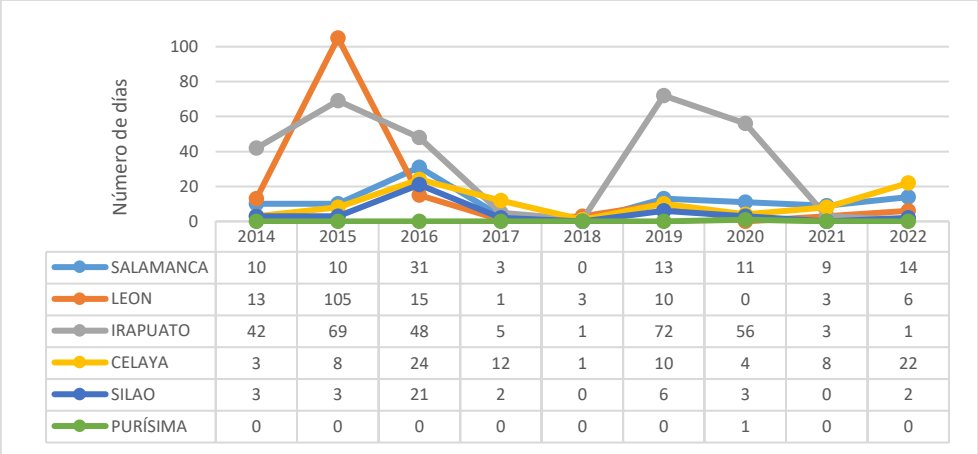


	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ABASOLO	0	1	1	11	3	2	0	4	0
GUANAJUATO	0	0	1	0	0	0	0	0	1
CELAYA	2	7	18	26	5	4	4	12	17
SALAMANCA	23	8	7	25	13	7	5	11	13
LEÓN	0	13	34	12	2	2	5	2	2
SILAO	1	1	0	0	0	3	7	0	0
IRAPUATO	3	5	7	20	5	4	5	11	9

Gráfica 28. Número de veces en que se sobrepasó los límites de partículas $PM_{2.5}$ que establece la NOM-025-SSA1-2014, aplicable a los años del 2014 al 2021 y la NOM-025-SSA1-2021 aplicable en 2022.
Fuente: Elaboración SAMA con información del SEICA.

Para el contaminante O_3, se observa que la ciudad en la que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones superiores al límite normado de una hora fue Irapuato el cual rebasó lo establecido en la NOM-020-SSA1-2014, en 72 ocasiones en los que los datos horarios estuvieron por encima de los 95 ppb, seguido de León con 105 ppb, sin embargo podemos observar que en los demás municipios con monitoreo de ozono, como lo es Celaya, Silao, León y Salamanca, fue rebasada en una cantidad mucho menor de días, estando entre 24, 21, y 31 días respectivamente.

Cabe mencionar que en el periodo del 2014 al 2022 la normativa se actualizó, para O_3 la NOM-020-SSA1-2014 (Límite horario: 95 ppb, Límite móvil de 8 hrs: 70 ppb) en el periodo del 2014 al 2021 y la NOM-020-SSA1-2021 (Límite horario: 90 ppb, Límite móvil de 8 hrs: 65 ppb) a partir del año 2022.

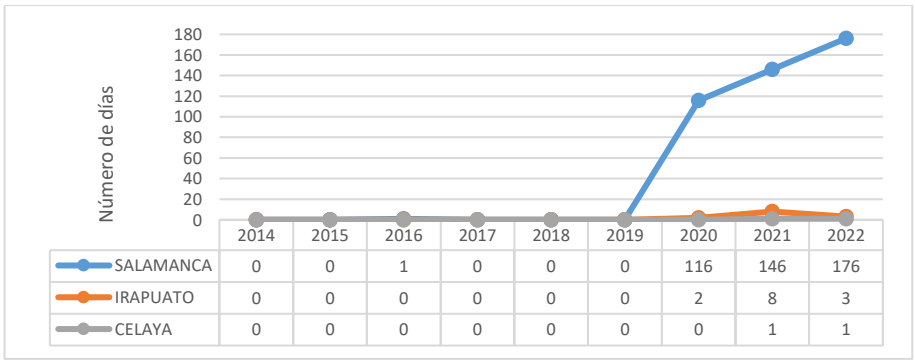


	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
SALAMANCA	10	10	31	3	0	13	11	9	14
LEON	13	105	15	1	3	10	0	3	6
IRAPUATO	42	69	48	5	1	72	56	3	1
CELAYA	3	8	24	12	1	10	4	8	22
SILAO	3	3	21	2	0	6	3	0	2
PURÍSIMA	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Gráfica 29. Número de veces en que se sobrepasó los límites de O_3 que establece la NOM-020-SSA1-2014, aplicable a los años del 2014 al 2021 y la NOM-020-SSA1-2021 aplicable en 2022.
Fuente: Elaboración SAMA con información del SEICA.

Para SO_2, después de permanecer varios años sin superar los límites que establece la NOM-022-SSA1-2019, en el año 2022 se presentó un máximo de 176 días en Salamanca, seguido de Irapuato con 8 días en 2021 y Celaya con un día tanto en 2021 como en 2022.

Cabe mencionar que en el periodo del 2014 al 2022 la normativa se actualizó, aplicando para SO_2 la NOM-022-SSA1-1993 (Límite horario: 110 ppb) en el periodo del 2014 al 2019 y la NOM-022-SSA1-2019 (Límite horario: 75 ppb, Límite móvil 24 hrs: 40 ppb) a partir del año 2020.



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
SALAMANCA	0	0	1	0	0	0	116	146	176
IRAPUATO	0	0	0	0	0	0	2	8	3
CELAYA	0	0	0	0	0	0	0	1	1

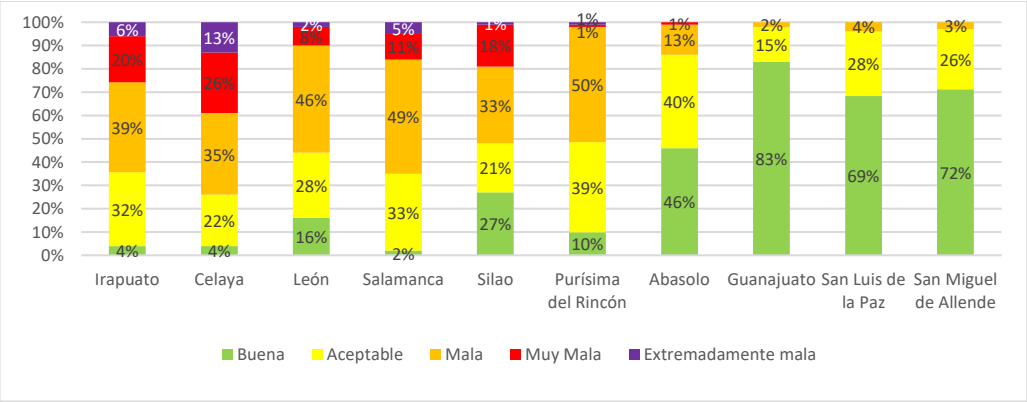
Gráfica 30. Número de veces en que se sobrepasó los límites de SO_2 que establece la NOM-022-SSA1-2014, aplicable a los años del 2014 al 2019 y la NOM-022-SSA1-2019 aplicable a partir del año 2020.
Fuente: Elaboración SAMA con información del SEICA.

En cuanto al CO (NOM-021-SSA1-2021), NO2 (NOM-023-SSA1-2021), todos los días se encontraron dentro de las especificaciones de cada una de sus normas, es decir, en ninguna ocasión se rebasaron los límites máximos permisibles. De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2017, el municipio de Salamanca contribuye con el 87.8% de las emisiones totales de SO_2 generadas en el Estado. En este sentido, la Refinería Ing. Antonio M. Amor de PEMEX (RIAMA), aporta el 94.7% de las emisiones de SO_2 generadas en Salamanca, mientras que la Central Termoeléctrica de Salamanca (CTS) contribuye con el 4.6%[90]

En 2019 de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019, de forma general, el 27% de los días se mantuvo calidad del aire mala, el 8% en muy mala y el 3% con calidad del aire extremadamente mala, principalmente

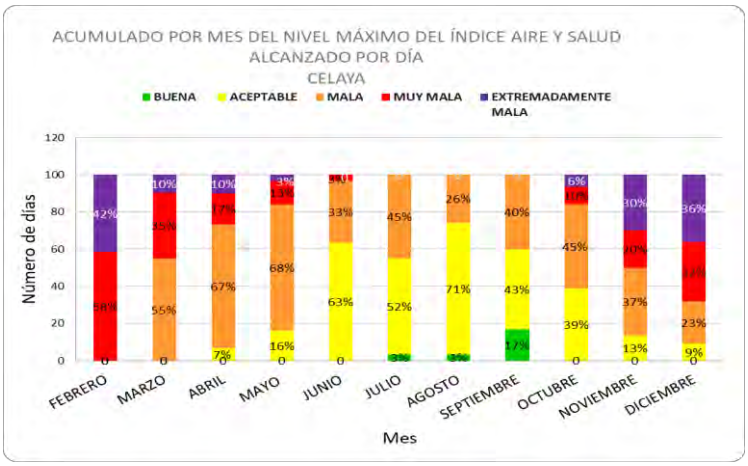
[90] SAMA. 2021. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

por el contaminante PM_{10}, a lo cual contribuye de manera significativa las quemas a cielo abierto las cuales tienen mayor impacto en la calidad del aire cuando las condiciones meteorológicas no son favorables para la dispersión de los contaminantes.



Gráfica 31. Distribución de días con calidad del aire, buena, aceptables, mala, muy mala y extremadamente mala por municipio en el año 2021 de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del CEICA, SAMA.

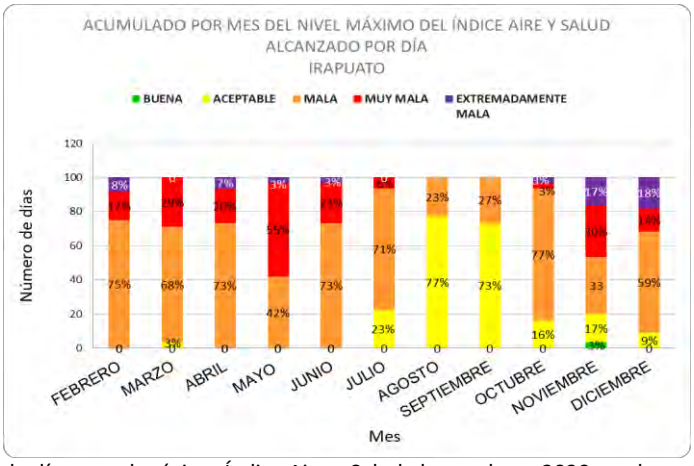
Comportamiento Índice Aire y Salud para Celaya:



Gráfica 32. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de Celaya de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

Desde la aplicación del índice Nacional de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud con fecha de inicio del 18 de febrero del 2020, un total de 134 días alcanzaron una mala calidad del aire, seguido de 57 días con una muy mala calidad del aire y 40 días extremadamente mala. En contraste se presentaron 96 días Le siguió una calidad del aire aceptable y solo 7 días se registraron con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

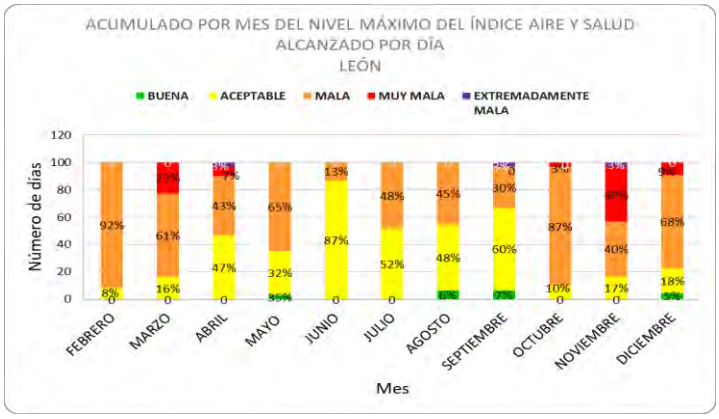
Comportamiento Índice Aire y Salud para Irapuato:



Gráfica 33. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de Irapuato de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

Desde la aplicación del índice Nacional de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud con fecha de inicio del 18 de febrero del 2020, un total de 189 días alcanzaron una mala calidad del aire, seguido de 60 días con una muy mala calidad del aire y 18 días extremadamente mala. Así mismo se presentaron 67 con una calidad del aire aceptable y solo 1 día se registró con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

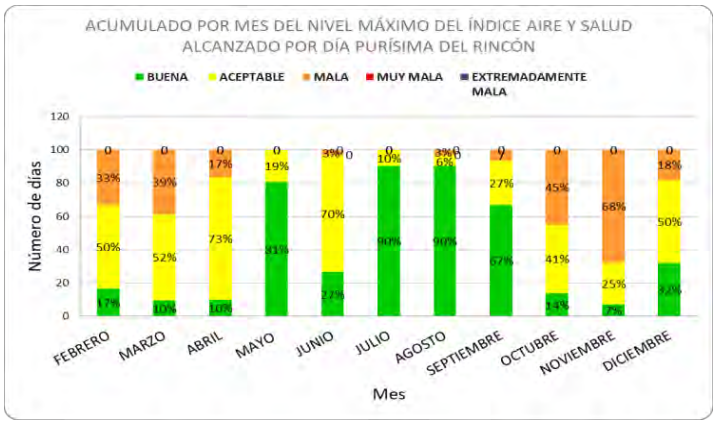
Comportamiento Índice Aire y Salud para León:



Gráfica 34. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de León de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

Desde la aplicación del índice Nacional de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud con fecha de inicio del 18 de febrero del 2020, un total de 180 días alcanzaron una mala calidad del aire, seguido de 25 días con una muy mala calidad del aire y 3 días extremadamente mala. Así mismo se presentaron 120 con una calidad del aire aceptable y solo 6 días se registraron con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

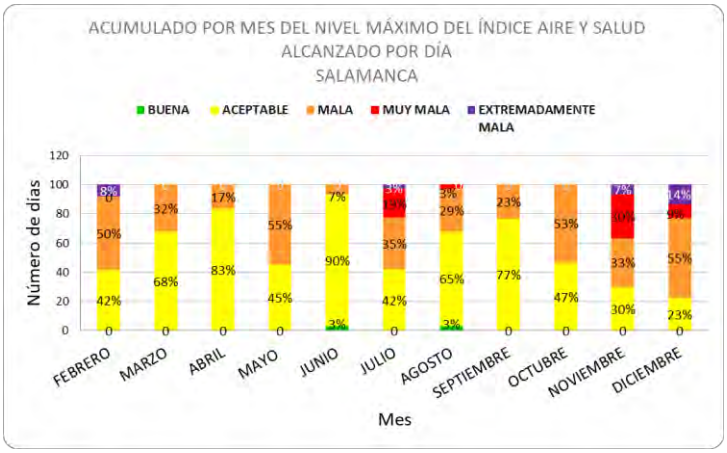
Comportamiento Índice Aire y Salud para Purísima del Rincón:



Gráfica 35. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en Purísima del Rincón de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

En el municipio de Purísima del Rincón, un total de 71 días alcanzaron una mala calidad del aire, le siguió una calidad del aire aceptable con 128 días, así mismo se registraron 137 días con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

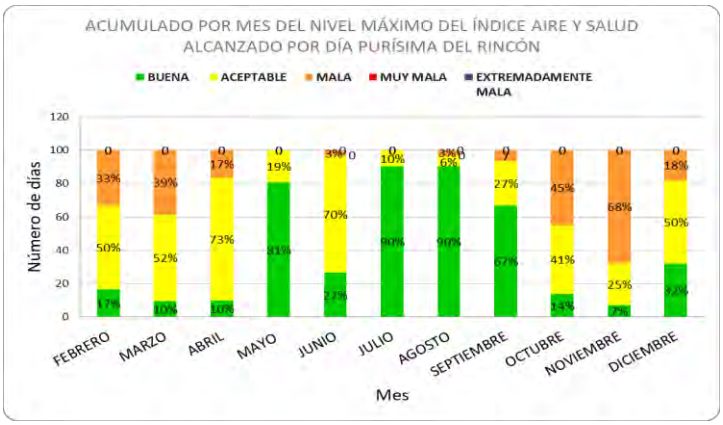
Comportamiento índice Aire y Salud para Salamanca:



Gráfica 36. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en el municipio de Salamanca de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

En el municipio de Salamanca, un total de 119 días alcanzaron una mala calidad del aire, seguido de 19 días con una muy mala calidad del aire y 10 días extremadamente mala. Le siguió una calidad del aire aceptable con 186 días. En contraste, solo 2 días se registraron con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

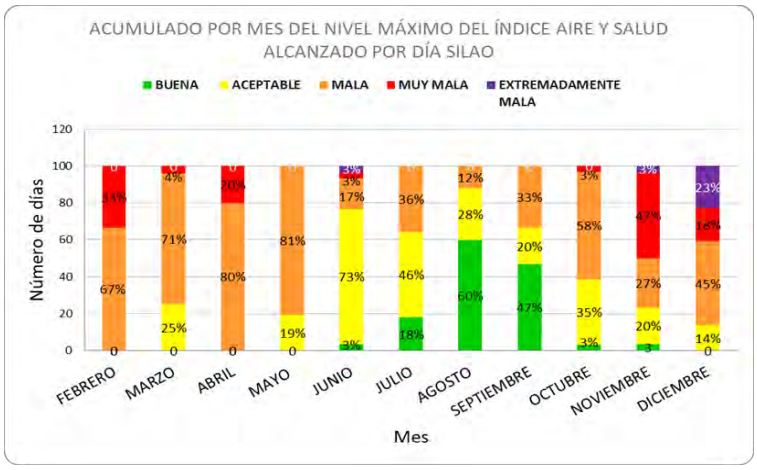
Comportamiento índice Aire y Salud para San Francisco del Rincón:



Gráfica 37. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 en San Francisco del Rincón de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

En el municipio de San Francisco del Rincón, un total de 71 días alcanzaron una mala calidad del aire, le siguió una calidad del aire aceptable con 128 días y 137 días con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

Comportamiento Índice Aire y Salud para Silao:



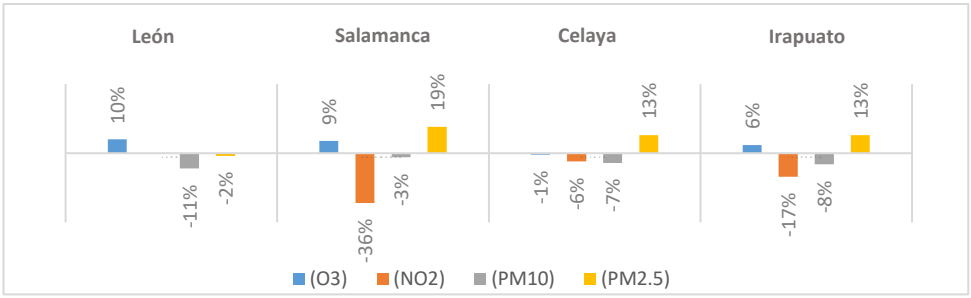
Gráfica 38. Cantidad de días con el máximo Índice Aire y Salud alcanzado en 2020 el municipio de Silao de acuerdo con la NOM-172-SEMARNAT-2019.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato, SAMA.

En el Municipio de Silao de la Victoria, un total de 160 días alcanzaron una mala calidad del aire, seguido de 38 días con una muy mala calidad del aire y 9 días extremadamente mala. En contraste se presentaron 86 días con una calidad del aire aceptable y 41 días se registraron con buena calidad del aire. Al índice, ha contribuido episodios de concentraciones elevadas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3.

Cumplimiento normativo durante la Contingencia sanitaria debido al SARS-CoV2 (COVID-19).

El 27 de marzo del 2020, distintas Secretarías, Organismos e Instituciones de la administración pública de los tres órdenes de gobierno, así como de carácter privado, se sumaron en la atención de las recomendaciones establecidas para la mitigación y control de riesgos para la salud derivado del COVID, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 24 de marzo del 2020.

Con esto, a partir del día 28 de marzo del 2020 se dejaron de realizar diferentes actividades en todo el estado, por lo que la SAMA desarrolló un análisis comparativo de la media aritmética de concentraciones de diversos contaminantes en el periodo del 01 al 27 de marzo, comparándolo con la media de los días del 28 de marzo al 14 de abril en los municipios de León, Salamanca, Irapuato y Celaya, por tener mayor densidad poblacional en el Estado; los resultados se muestran a continuación, cabe señalar que se consideró a partir del 01 de marzo, para asegurar que se presentaran condiciones meteorológicas similares:



Gráfica 39. Porcentaje de incremento o disminución de las concentraciones por contaminante.
Fuente: Elaboración SAMA con información del CEICA.

Se identificó una reducción solo en partículas PM_{10} y dióxido de nitrógeno (NO_2) en algunos municipios. En el caso particular del ozono se observó un incremento. Al ser un contaminante secundario, es decir que se produce en la atmósfera mediante la reacción de los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de radiación solar, la disminución de alguno de estos no necesariamente repercute en la reducción de ozono, por el contrario, puede propiciar su incremento.

Las condiciones atmosféricas contribuyeron de manera significativa a que la concentración de algunos contaminantes se mantenga elevada. En el caso de las ciudades de Guanajuato, es una época de altas temperaturas e intensa insolación en superficie, que favorece la formación de ozono y la ocurrencia de incendios de pastizales, además de incendios forestales y de sitios de disposición final.

2.4.7 Tendencia de contaminantes monitoreados

2.4.7.1 Ozono

El O_3 es un contaminante secundario (no se emite directamente a la atmósfera) que se forma en la troposfera a partir de reacciones entre óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) en presencia de radiación solar. Su permanencia en el ambiente urbano está en función de sus precursores y las condiciones meteorológicas, presentando su concentración más elevada durante las horas y meses de mayor radiación solar.

Datos Estadísticos O_3

Respecto de la información estadística de este contaminante se mantuvo de aceptable a suficiente en todas las estaciones de monitoreo.

Tabla 13. Datos estadísticos de Ozono en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[91].

MUNICIPIO	ESTACIÓN	ESTATUS	CANTIDAD DE DATOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	MÁXIMO M8HRS
Celaya	San Juanico	Suficiente	7153	0.23	101.21	28.85	74.37
	Tecnológico	Suficiente	8244	0.50	86.47	22.29	50.33
	Policía	Aceptable	5302	1.01	77.39	21.48	50.88
Irapuato	Bomberos	Suficiente	7929	1.30	87.16	20.52	55.29
	Teódula	Suficiente	8720	2.10	98.51	23.61	62.37
	Secundaria	Suficiente	8194	1.20	103.22	23.79	68.73
León	T-21	Suficiente	7959	1.10	89.60	21.25	52.58
	Facultad de medicina	Suficiente	8698	1.60	103.60	20.60	60.04
	CICEG	Suficiente	7133	1.10	89.40	23.76	63.59
Salamanca	Nativitas	Suficiente	8592	2	107.28	23.26	66.4
	Cruz roja	Suficiente	8393	0.34	117.77	25.39	75.07
	DIF	Suficiente	8278	1.80	94.12	23.23	60.24
Silao	Hospital General	Suficiente	8731	1.10	87.81	23.08	66.15
Purísima Del Rincón	Purísima del Rincón	Aceptable	6097	1.10	97.63	23.08	62.49

Mapa de O_3

Respecto de las concentraciones registradas en el Estado por Ozono se puede observar que en los municipios de León, Irapuato y Salamanca se presentan las mayores concentraciones, esto debido a que son zonas con mayor emisión de sus precursores en el caso de León por su alto parque vehicular y por el lado de Irapuato y Salamanca debido a la parte industrial.

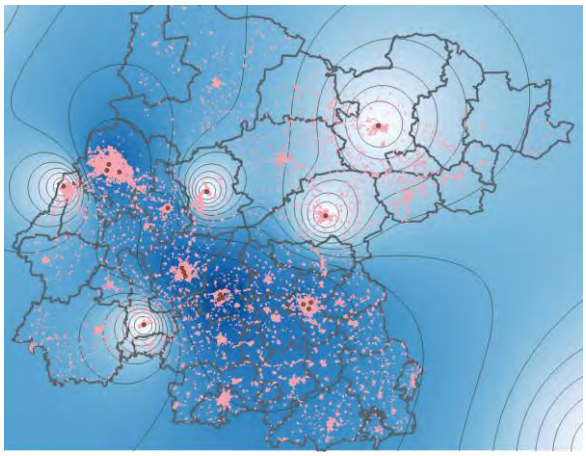


Figura 26. Densidad de concentraciones máximas de Ozono en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[92].

Cumplimiento de la norma por O_3

Para el caso de Ozono, se sobrepasó la norma por alguno de los criterios en los municipios de Celaya, Salamanca, Irapuato, León y Purísima del Rincón, solo en el municipio de Silao se mantuvieron concentraciones por debajo de los dos criterios de la norma.

[91] SAMA. 2021. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

[92] SAMA. 2021. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

Tabla 14. Evaluación normativa por Ozono en las estaciones de monitoreo del SIMEG, 2021.

NORMA	NOM-020-SSA1-2014														
Tiempo de exposición	Límite máximo permitido	Celaya			Salamanca			Irapuato			Silao	León			PUR
		SJ	TEC	POL	CR	NAT	DIF	BOM	TEO	SEC	HG	CIC	T21	FM	PUR
Promedio horario	Menor o igual a 95 ppb	✕	✓	✓	✕	✕	✓	✓	✕	✕	✓	✓	✓	✕	✕
Promedio de 8 horas máximo anual	Menor a 70 ppb	✕	✓	✓	✕	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

X: Sin cumplimiento normativo

✓: Cumple con la normativa

2.4.7.2 Dióxido de azufre

El dióxido de azufre (SO_2) forma parte de un grupo de gases reactivos conocidos como "óxidos de azufre". La exposición poblacional a SO_2 se ha asociado causalmente con efectos adversos en el sistema respiratorio, particularmente en asmáticos. La evidencia señala que los niños tienen una mayor capacidad de respuesta de las vías aéreas a estimulantes y una mayor fracción de respiración oral en comparación con los adultos, lo que sugiere que son más sensibles a la exposición a SO_2.

Datos Estadísticos SO_2

Respecto de la información estadística de este contaminante se mantuvo suficiente en todas las estaciones de monitoreo salvo en la estación de CICEG en León la cual fue aceptable.

Tabla 15. Datos estadísticos de Dióxido de Azufre en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[93].

MUNICIPIO	ESTACIÓN	ESTATUS	CANTIDAD DE DATOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Celaya	San Juanico	Suficiente	7913	0.60	32.19	1.53
	Policía	Suficiente	7682	0.60	100.47	2.94
Irapuato	Bomberos	Suficiente	8486	1.50	82.44	3
	Teódula	Suficiente	7131	1.10	138.54	3.93
	Secundaria	Suficiente	8159	1.60	81.67	4.41
León	T-21	Suficiente	82.09	1.00	65.43	2.17
	Facultad DE Medicina	Suficiente	8700	1.90	12.35	2.63
	CICEG	Aceptable	6216	1.20	15.41	2.86
Salamanca	Nativitas	Suficiente	8473	1.10	455.01	4.71
	Cruz Roja	Suficiente	8638	0.60	351.90	16.78
	DIF	Suficiente	8326	0.90	269.52	5.22
Silao	Hospital General	Suficiente	8686	0.90	14.95	1.90

[93] SAMA. 2021. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

Mapa de SO_2

Respecto de las concentraciones máximas en el Estado de SO_2, se puede apreciar que se presentan dentro del municipio de Salamanca, el cual cuenta con las más altas concentraciones por este contaminante, lo anterior se debe a una alta actividad industrial que utiliza combustibles con alto contenido de azufre.

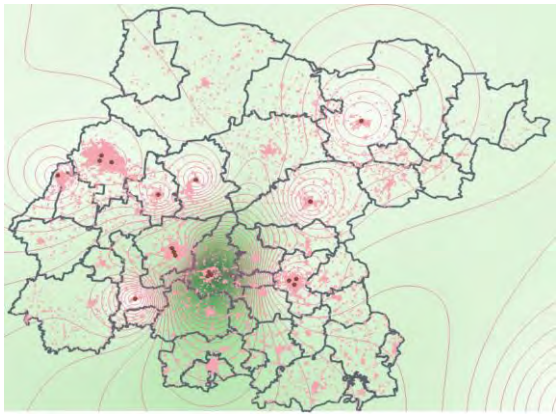


Figura 27. Densidad de concentraciones máximas de Dióxido de Azufre en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[94].

Cumplimiento de la Norma por SO_2

Para este contaminante si bien las mayores concentraciones se presentan en el municipio de Salamanca, las fuentes de emisión representan un problema en toda la cuenca atmosférica de Irapuato-Salamanca-Celaya en la cual se superó en al menos un criterio la norma de salud ambiental.

Tabla 16. Evaluación normativa por Dióxido de Azufre en las estaciones de monitoreo del SIMEG.

NORMA	**NOM-022-SSA1-2019**											
Tiempo de exposición	Límite máximo permitido	**Celaya**		**Salamanca**			**Irapuato**			**León**		
		SJ	POL	DIF	CR	NAT	TEO	BOM	SEC	CC	T21	FM
Promedio diario	Menor o igual a 75 ppb	✓	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✓	✓	✓
Promedio de 24 horas	Menor a 40 ppb	✓	✓	✓	✕	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

X: Sin cumplimiento normativo

✓: Cumple con la normativa

2.4.7.3 Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO), es un gas inodoro e incoloro que se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, consecuentemente pueden verterlo al aire los vehículos automotores y la industria, aunque en menor escala; algunos procesos naturales son capaces de emitirlo, tales como los incendios forestales o su emisión de los procesos naturales que se llevan a cabo en los océanos. Mención especial debe hacerse de la acumulación intramuros por procesos domésticos y el hábito de fumar.

El efecto dañino potencial principal de este contaminante lo constituye su afinidad para combinarse con la hemoglobina dando lugar a una elevada formación de carboxihemoglobina y como consecuencia, disminuye la cantidad de oxihemoglobina y por ende la entrega de oxígeno a los tejidos. El riesgo de la exposición al CO varía desde el efecto de pequeñas cantidades atmosféricas en individuos que padecen deficiencias circulatorias (siendo particularmente susceptibles los enfermos con angina de pecho, así como aquellos con

[94] SAMA. 2021. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

arteriosclerosis), hasta una intoxicación aguda por inhalación de grandes cantidades del contaminante en espacios cerrados y/o en un lapso corto.

Datos Estadísticos CO

Para este contaminante se mide en el corredor industrial por ser la ubicación donde se produce en mayor medida este contaminante, el número de datos que se han medido en las estaciones va de aceptable a suficiente.

Tabla 17. Datos estadísticos de Monóxido de Carbono en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[95].

MUNICIPIO	ESTACIÓN	ESTATUS	CANTIDAD DE DATOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Celaya	San Juanico	Suficiente	6584	0.01	5.76	0.22
	Policía	Suficiente	8030	0.05	2.73	0.24
Irapuato	Bomberos	Aceptable	5492	0.11	6.63	0.47
	Teódula	Suficiente	8743	0.02	8.69	0.35
	Secundaria	Aceptable	5547	0.18	4.05	0.39
León	Facultad de Medicina	Suficiente	8627	0.10	3.33	0.35
	CICEG	Aceptable	4470	0.10	3.88	0.50
Salamanca	Nativitas	Suficiente	8252	0.18	9.49	0.42
	Cruz Roja	Suficiente	8305	0.11	6.50	0.47
	DIF	Aceptable	6051	0.02	7.14	0.27

Mapa de CO

Respecto a la distribución espacial se observa que las mayores concentraciones de este contaminante se dan en los municipios de Salamanca e Irapuato, municipios con alta cantidad de industrial.

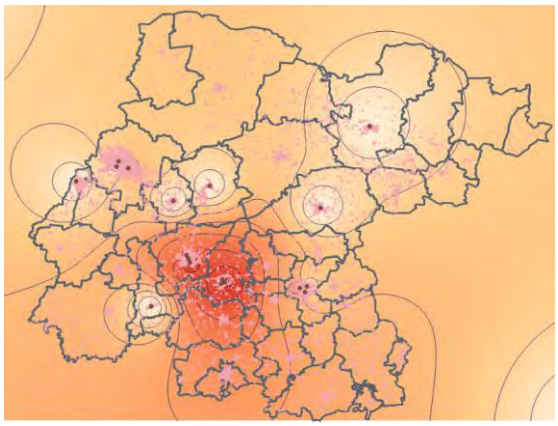


Figura 28. Densidad de concentraciones máximas de Monóxido de Carbono en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[96].

[95] SAMA. 2021. Datos del Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

[96] SAMA. 2021. Datos del Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

Cumplimiento de la Norma por CO

Para este contaminante se tuvieron concentraciones por debajo de lo que marca la norma en todos los municipios.

Tabla 18. Evaluación normativa por Monóxido de Carbono en las estaciones de monitoreo del SIMEG.

NORMA	**NOM-021-SSA1-2010**									
Tiempo de exposición	Límite máximo permitido	**Celaya**		**Salamanca**			**Irapuato**		**León**	
		SJ	POL	CR	NAT	DIF	BOM	TEO	CIC	FM
Promedio de 8 hrs	Menor a 11 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

X: Sin cumplimiento normativo

✓: Cumple con la normativa

2.4.7.4 Dióxido de Nitrógeno

El dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno (NO_2), es un compuesto químico formado por los elementos nitrógeno y oxígeno, uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Por ello es un contaminante frecuente en zonas urbanas. Las emisiones de tránsito vehicular son consideradas como una de las fuentes más importantes de contaminación del aire urbano. La evidencia científica ha asociado la exposición a dióxido de nitrógeno (NO2), contaminante considerado como marcador de emisiones de fuentes móviles, con incrementos en la mortalidad, los ingresos hospitalarios y los síntomas respiratorios.

Datos Estadísticos NO_2

Para este contaminante se mide en el corredor industrial, el número de datos que se han medido en las estaciones va de aceptable a suficiente, salvo en la estación T-21 en León dado que el equipo permaneció en mantenimiento.

Tabla 19. Datos estadísticos de Dióxido de Nitrógeno en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[97].

MUNICIPIO	ESTACIÓN	ESTATUS	CANTIDAD DE DATOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Celaya	San Juanico	Aceptable	5580	0.10	25.78	3.97
	Tecnológico	Suficiente	8164	0.70	54.96	8.98
	Policía	Suficiente	6651	0.20	71.63	11.15
Irapuato	Bomberos	Suficiente	8055	0.30	89.15	8.78
	Teódula	Aceptable	5930	0.20	54.10	7.89
	Secundaria	Suficiente	8084	0.10	66.39	8.12
León	T-21	Insuficiente	1715	0.30	103.42	14.48
	Facultad de Medicina	Suficiente	6609	0.70	71.87	11.91
	CICEG	Suficiente	7686	0.30	63.21	10.29
Salamanca	Nativitas	Insuficiente	1709	0.20	64.91	11.10
	Cruz Roja	Suficiente	6615	0.10	129.00	9.76
	DIF	Suficiente	7667	0.90	104.59	45.79

[97] SAMA. 2021. Datos del Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

Mapa de NO_2

Las concentraciones más elevadas para este contaminante se dieron en el municipio de León y Salamanca, seguido por el municipio de Irapuato, cabe señalar que en el municipio de Salamanca se cuenta con la Planta de Cogeneración de Salamanca, la cual tiene importantes emisiones de NOx dado que su principal combustible es de origen gaseoso.

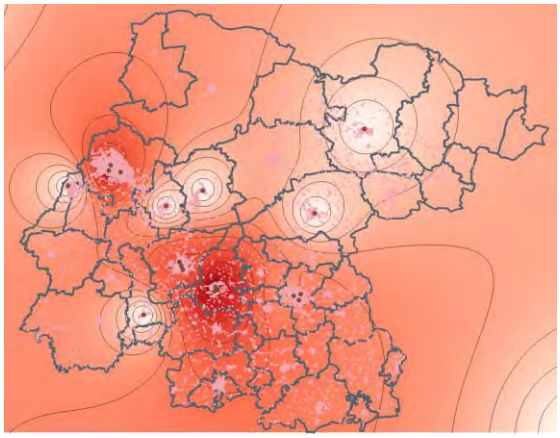


Figura 29. Densidad de concentraciones máximas de Dióxido de Nitrógeno en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[98].

Cumplimiento de la Norma por NO_2

Para este contaminante se cumplió con la norma en todos los municipios.

Tabla 20. Evaluación normativa por Dióxido de Nitrógeno en las estaciones de monitoreo del SIMEG.

NORMA		**NOM-023-SSA1-1993**												
Tiempo de exposición	Límite máximo permitido	**Celaya**			**Salamanca**			**Irapuato**			**Silao**	**León**		
		SJ	POL	TEC	CR	DIF	NAT	BOM	TEO	SEC	HG	T21	FM	CIC
Promedio horario	Menor a 210 ppb	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

X: Sin cumplimiento normativo
✓: Cumple con la normativa

2.4.7.5 Partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$

El material particulado es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, las cuales varían en forma, tamaño, composición (orgánica, inorgánica o biológica) y origen, comúnmente se clasifican según su tamaño. La concentración en el aire de partículas menores a 10 micras (PM_{10}) se mide en microgramos por metro cúbico, µg/m3; y corresponden a la llamada fracción “inhalable” del total de partículas suspendidas en el aire. Las partículas de diámetro inferior a 2.5 micras (PM2.5), son una fracción de PM_{10} que engloba a todas las partículas capaces de entrar en la región alveolar del pulmón (la fracción "respirable" y “fina”).

Datos Estadísticos PM_{10}

Para este contaminante se mide en todo el corredor industrial dado que es uno de los que representan un mayor problema en el Estado dado a las diversas fuentes que se presentan localmente, por lo anterior, se da un especial interés que se tenga suficiencia de información; por lo anterior, se tuvo suficiente información en

[98] SAMA. 2021. Datos del Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

todas las estaciones, salvo en Tecnológico en Celaya, lo anterior dado que el equipo se encontraba en periodo de mantenimiento por fallas de operación.

Tabla 21. Datos estadísticos de PM_{10} en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[99].

MUNICIPIO	ESTACIÓN	ESTATUS	CANTIDAD DE DATOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
CELAYA	San Juanico	Suficiente	8621	1	813.01	69.63
	Tecnológico	Aceptable	4605	0.42	477.93	43.12
	Policía	Suficiente	8682	0.86	979.72	59.65
IRAPUATO	Bomberos	Suficiente	8361	1	526.17	54.42
	Teódula	Suficiente	8505	3.19	919.04	56.53
	Secundaria	Suficiente	8398	0.13	434.71	37.89
LEÓN	T-21	Suficiente	8383	2	383.30	44.14
	Facultad de Medicina	Suficiente	8642	0.66	346.93	35.58
	CICEG	Suficiente	8596	0.40	563.95	46.78
SALAMANCA	Nativitas	Suficiente	8628	3	648.89	43.59
	Cruz Roja	Suficiente	8608	1.88	670.86	37.22
	DIF	Suficiente	8367	1	751.45	45.79
PURÍSIMA DEL RINCÓN	Purísima del Rincón	Suficiente	8101	0.91	403.81	32.96
SILAO	Hospital General	Suficiente	8630	1	515.92	53.43

Mapa de PM_{10}

Para este contaminante se puede observar que la cuenca Irapuato-Salamanca-Celaya es la que presenta una mayor problemática por este contaminante, dentro de las principales fuentes son las quemas tanto agrícolas como urbanas, así como la alta actividad de construcción en las entidades municipales principalmente en el municipio de Celaya que es el municipio con mayores concentraciones.

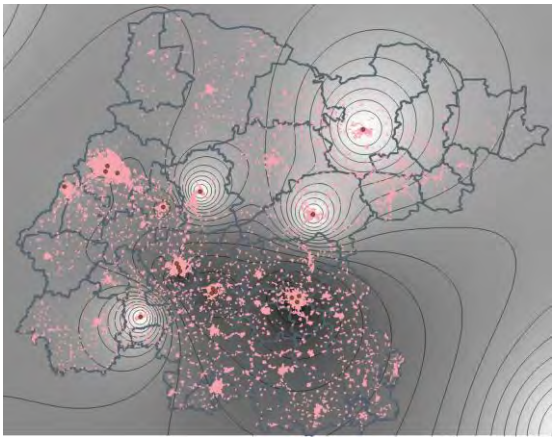


Figura 30. Densidad de concentraciones máximas de PM_{10} en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[100].

[99] SAMA. 2020. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

[100] SAMA. 2021. Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

Cumplimiento de la Norma por PM_{10}

Como ya se mencionó este es un contaminante que debido a la diversidad de fuentes representa uno de los principales problemas del Estado, por lo anterior en todas las estaciones se ha rebasado en al menos un criterio de la norma oficial mexicana.

Tabla 22. Evaluación normativa por PM_{10} en las estaciones de monitoreo del SIMEG.

NORMA	**NOM-025-SSA1-2014 (PM_{10})**														
Tiempo de exposición	Límite máximo permitido	**Celaya**			**Salamanca**			**Irapuato**			**Silao**	**León**			**PUR**
		SJ	TEC	POL	CR	NAT	DIF	BOM	TEO	SEC	HG	CIC	T21	FM	PUR
Promedio diario	Menor a $75\mu g/m^3$	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
Promedio anual	Menor a 40 $\mu g/m^3$	✕	✕	✕	✓	✕	✕	✕	✕	✓	✕	✕	✕	✓	✓

X: Sin cumplimiento normativo

✓: Cumple con la normativa

Datos Estadísticos $PM_{2.5}$

Debido a que las partículas $PM_{2.5}$ representan un importante riesgo a la salud de la población, se cuenta con suficiencia de datos en todos los municipios, además de ser el contaminante mayormente medido en todo el estado.

Tabla 23. Datos estadísticos de $PM_{2.5}$ en el Estado.

MUNICIPIO	ESTACIÓN	ESTATUS	CANTIDAD DE DATOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Celaya	San Juanico	Suficiente	8577	0.61	314.21	18.91
	Policía	Suficiente	8751	1	308.69	20.24
Irapuato	Bomberos	Suficiente	8409	0.14	254.76	17.63
	Teódula	Suficiente	8468	0.76	519.87	20.38
León	Facultad de Medicina	Suficiente	6917	1.51	157.79	17.80
	CICEG	Suficiente	8286	2	198.85	17.66
Salamanca	Cruz Roja	Suficiente	8583	0.33	416.41	19.88
	DIF	Suficiente	8367	1	751.45	45.79
Guanajuato	Guanajuato	Suficiente	8540	3	114.17	12.58
Abasolo	Abasolo	Suficiente	7871	1	162	14.13
San Miguel de Allende	San Miguel de Allende	Suficiente	7792	1	76	12.59
San Luis de la Paz	San Luis de la Paz	Suficiente	7745	1	115.78	12.01

Mapa de $PM_{2.5}$

Dado que la principal fuente de este contaminante es de origen antropogénico por quema de combustibles, se ve que las mayores concentraciones se dieron en el municipio de Salamanca, esto debido a la importante presencia Industrial en el municipio.

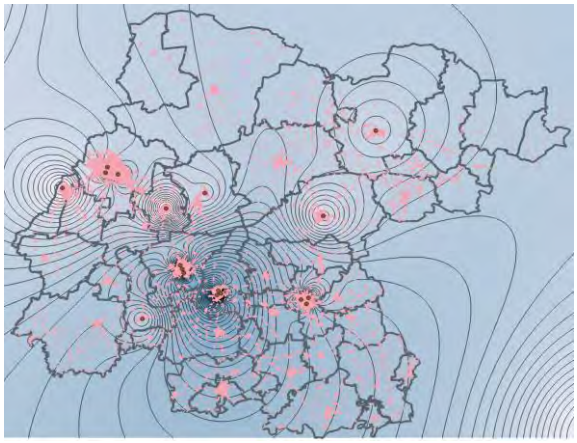


Figura 31. Densidad de concentraciones máximas de $PM_{2.5}$ en el Estado.
Fuente: CEICA, 2021[101].

Cumplimiento de la Norma por $PM_{2.5}$

En todos los municipios en los que se mide este contaminante se ha sobrepasado en al menos un criterio de la norma.

Tabla 24. Evaluación normativa por $PM_{2.5}$ en las estaciones de monitoreo del SIMEG.

NORMA	**NOM-025-SSA1-2014($PM_{2.5}$)**											
Tiempo de exposición	Límite máximo permitido	**Celaya**		**Salamanca**		**Irapuato**		**León**	**ABA**	**SMA**	**GTO**	**SLP**
		SJ	POL	CR	DIF	BOM	TEO	FM	ABA	SMA	GTO	SLP
Promedio diario	Menor a 45µg/ m^3	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✓	✓	✓
Promedio anual	Menor a 12 µg/ m^3	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕

X: Sin cumplimiento normativo
✓: Cumple con la normativa

4.7.8 Comportamiento de los contaminantes criterio

La concentración de los contaminantes en la atmósfera se afecta por variables meteorológicas como, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar, que controlan a su vez la velocidad con la que se realizan las reacciones químicas atmosféricas. Por otro lado, la dispersión de estos contaminantes es influenciada por la velocidad y dirección de los vientos, así como la estabilidad que predomina en la atmósfera. También existe correlación entre la humedad relativa, la concentración de partículas suspendidas totales (PST) y las partículas PM_{10}. Así mismo se ha identificado que existe diferencia significativa entre la concentración en temporada de secas y de lluvias, siendo mayor la concentración en la temporada de secas. La determinación de los patrones de distribución diurna y anual de los contaminantes ha permitido concluir si estos presentan ciclos diarios, tendencias a la disminución a largo plazo y comportamiento estacional. A continuación, se describe de manera general el comportamiento histórico de las concentraciones alcanzadas por año, mes y día de los contaminantes criterio, que se monitorean en el estado de Guanajuato.

[101] SAMA. 2021. Datos del Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato.

4.7.8.1 Ozono (O_3)

El ozono se genera por reacciones químicas entre contaminantes precursores emitidos por vehículos, industria, quema de combustibles fósiles, evaporación de pinturas, entre otras. En cuanto al comportamiento horario se observa que las más altas concentraciones se presentan durante las 14:00 a 16:00 horas, durante los meses de mayo y junio en los días domingo y lunes (ver anexos).

4.7.8.2 Dióxido de Azufre (SO_2)

Se origina principalmente por la quema de combustibles fósiles generados por la industria petroquímica y de generación eléctrica. En el municipio de Salamanca, en la estación Cruz Roja, el comportamiento horario se observa las más altas concentraciones durante las 23:00 y 5:00 horas, con picos entre las 8:00 y 9:00 horas, en el mes de junio y otubre, así mismo las concentraciones máximas se observan los jueves y sábados (ver anexos).

4.7.8.3 Dióxido de Nitrógeno (NO_2)
Se genera principalmente por la combustión de combustibles de vehículos motorizados, Las más altas concentraciones se presentan en los horarios de mayor congestionamiento vial, es decir de 8:00 a las 10:00 horas y de 18:00 a 21:00 horas, así mismo, se observa que el mes de diciembre y enero son los más afectados por este contaminante.

4.7.8.4 Monóxido de carbono (CO)
Es un contaminante que se genera principalmente en la quema de combustibles, en las fuentes móviles (gasolina y diésel principalmente). Las más altas concentraciones se presentan de las 7:00 a las 10:00 y de 18:00 a 21:00 horas, los lunes, martes y jueves durante los meses de diciembre, enero y febrero.

4.7.8.5 Partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$

Se consideran dentro de las más problemáticas, teniendo condiciones de altos niveles en todo el estado, dado que provienen de fuentes muy diversas. La principal afectación se da en el horario de 7:00 a las 10:00 y de 20:00 a 22:00 horas, los meses de noviembre a marzo (temporada invernal) con picos en abril, mayo y junio (temporada seca), con mayor prevalencia los viernes.

Para mayor detalle sobre el comportamiento histórico, se sugiere revisar las gráficas en los anexos.

2.5 Impacto

La Organización Mundial de la Salud considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud. Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos, no sólo indirectamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos sino de manera inmediata por los efectos directos de los contaminantes sobre la salud. Una mala calidad del aire provoca deterioro en el bienestar de la población ya que afecta su salud, calidad de vida y economía. Asimismo, implica costos sociales para el gobierno ante la demanda de atención médica para personas enfermas y la pérdida de productividad asociada al ausentismo laboral y escolar. Los efectos de la exposición a la contaminación atmosférica son múltiples y de diferente severidad, siendo los más afectados los sistemas respiratorio y cardiocirculatorio. Estos efectos mantienen una gradación tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la población susceptible afectada.

2.5.1 Guías o Directrices de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud

Así como existen las Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud y calidad del aire, las cuales establecen los límites máximos permisibles de las concentraciones en el aire de los principales contaminantes criterio,

también existen recomendaciones y orientaciones a nivel mundial que persiguen el mismo fin: el proteger la salud de la población ante la contaminación del aire.

Este es el caso de las Guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su actualización mundial 2021, cuyo objeto es ofrecer una orientación sobre cómo reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud (OMS, 2021)[102]. Aunque las Guías están destinadas para su uso en todo el mundo, cada país establece sus propias normas de calidad del aire para proteger la salud de sus ciudadanos, como es el caso de México, de acuerdo con aspectos tales como viabilidad tecnológica, aspectos económicos u otros factores políticos y sociales diversos. Sin embargo, están basadas ampliamente en pruebas científicas sobre contaminación del aire y sus consecuencias en la salud, constituyendo un fundamento sólido al respecto.

Así pues, y como su nombre lo dice, las Guías son orientaciones que los países pueden considerar para respaldar sus propias normas, o inclusive adoptarlas como tal, como en el caso de nuestro país, encaminarse a ello en un corto o mediano plazo. Por tanto, no son de adopción obligatoria, pero por su solidez científica, demuestran ser la mejor opción para el cumplimiento del objetivo arriba mencionado.

En la actualización más reciente de las Guías se dan nuevos valores guía (límites máximos permisibles) de cuatro contaminantes criterio: material particulado (PM), ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2), los cuales se presentan a continuación:

Tabla 25. Valores Guía de la OMS para contaminantes criterio, 2021.

CONTAMINANTE	VALORES GUÍA
Material particulado de menos de 10 µ (PM_{10})	15 µg/m³ de media anual
	45 µg/m³ de media de 24 horas*
Material particulado de menos de 2.5 µ ($PM_{2.5}$)	5 µg/m³ de media anual
	15 µg/m³ de media de 24 horas*
Ozono (O_3)	100 µg/m³ de media máxima diaria de 8 ocho horas*
	60 µg/m³ Temporada alta**
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10 µg/m³ de media anual
	25 µg/m³ de media de 24 horas*
Dióxido de azufre (SO_2)	40 µg/m³ de media de 24 horas*
CO (monóxido de oxígeno)	4 mg/m3 de media de 24 horas*

*Percentil 99 (3-4 días con valores excedentes por año)

**Promedio de la media máxima diaria de ocho horas de concentración de O_3 correspondiente al periodo de seis meses consecutivos por el promedio móvil semestral de concentración más alto.

Nota: los tiempos de promediación anual y temporada alta se consideran exposición a largo plazo, mientras que 24 horas y 8 horas se consideran exposición a corto plazo

2.5.2 Efectos de la contaminación del aire en la salud

Los efectos de la contaminación del aire se encuentran ampliamente documentados alrededor del mundo. La OMS estima que la contaminación del aire es responsable a nivel mundial del 1.4% de las muertes y del 0.8% de los años de vida ajustados según la discapacidad. Asimismo, se ha puesto en evidencia que hay un incremento de la esperanza de vida al mejorar la calidad del aire que se respira. La exposición aguda y crónica a la contaminación del aire se asocia con el incremento en la mortalidad y morbilidad por problemas cardiovasculares y respiratorios, algunos tipos de cáncer, efectos reproductivos y del desarrollo y efectos neurológicos. Las exposiciones a la contaminación del aire durante el embarazo y durante los periodos tempranos de vida se han asociado a nacimientos prematuros, retraso, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad infantil[103].

[102] Guías de calidad del aire de la OMS, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 22 de septiembre 2021. Organización Mundial de la Salud.

[103] Organización Mundial de la Salud, "Calidad del aire ambiente (exterior) y salud", Centro de prensa de la Organización Mundial de la Salud, actualizado a 2016, p. 1.

Los efectos en la salud se clasifican de acuerdo con el sistema afectado, es decir: en efectos respiratorios, efectos en el sistema cardiovascular, cáncer, efectos reproductivos y en el desarrollo.

Asimismo, pueden separarse en efectos agudos (que son aquellos ocasionados por exposición a altas concentraciones de contaminantes durante periodos cortos, dentro de ellos se incluyen enfermedades derivadas del daño en las mucosas como lo es la conjuntivitis y la exacerbación de enfermedades respiratorias como el asma y EPOC, efectos crónicos -sin incluir cáncer- (derivados de la exposición prolongada a distintos niveles de contaminación por largos períodos, caracterizados por el aumento de incidencia y gravedad de asma bronquial, bronquitis crónica obstructiva y enfisema pulmonar) y efectos cancerígenos.

Existen cuatro padecimientos relacionados con la exposición a contaminantes en el aire que respiramos, a los que el sistema de salud de nuestro país les da seguimiento puntual desde hace ya varios años, son:

- Otitis media que es la infección aguda del oído medio caracterizada por la presencia del líquido e inflamación, (2016)[104].
- La conjuntivitis es un padecimiento caracterizado por la inflamación de la conjuntiva (membrana mucosa transparente que cubre el globo ocular), (2016).
- El asma, al igual que los diques media en la conjuntivitis, se ha ubicado dentro de las 20 principales causas de morbilidad en nuestro país, con un promedio de 297,577 con casos reportados por año. Es un síndrome caracterizado por obstrucción de las vías respiratorias, en cuyo desarrollo se ven implicados factores genéticos y ambientales.
- Finalmente, el asma grave o estado asmático se presenta cuando las personas con la enfermedad presentan exacerbaciones que ponen en peligro la vida; la sintomatología incluye dolor retro esternal, sibilancias, disnea y cianosis. Además, se presenta hipoxia y reducción de la presión parcial de dióxido de carbono.

2.5.3 Efectos en la salud por exposición a sustancias químicas por olores

La contaminación por malos olores genera diversos malestares a la salud en las personas que están expuestas a ella. Entre los más comunes, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, se encuentran dolores de cabeza, insomnio, náuseas, vómito, problemas respiratorios y estado de ánimo negativo, entre otros.

El aire fresco puede contener ciertos olores, que generalmente no causan molestia al ser humano e incluso pueden causar sensación de bienestar o placer, aún por debajo del límite de detección humana. El aire libre no contiene químicos olorosos, “huele a limpio”, usualmente se percibe como desprovisto de contaminantes que puedan causar daño (Ministry of the Environment New Zeland. 2003)[105].

Aunque no se ha podido establecer una relación directa entre el olor de las sustancias y su toxicidad, se han observado reacciones fisiológicas del sistema nervioso central o periférico causadas por la percepción de olores. Por otro lado, la exposición continua a sustancias químicas en bajas dosis puede causar efectos crónicos en la salud de las personas expuestas (Canales P, Borquez B,VJ, Hoehn M. 2007)[106].

Cuando se exponen frecuentemente a un mismo olor, las personas pueden sufrir un fenómeno conocido como fatiga olfativa o fatiga al olor. La fatiga olfativa puede ser de corto o de largo plazo. La primera actúa en cuestión de horas y solo requiere de unos cuantos minutos para desaparecer.

[104] Organización Mundial de la Salud. 2016. Guías de calidad del aire de la OMS, Actualización Mundial 2005, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

[105] Ministry of the Environment New Zeland. Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand Wellington, New Zealand: Air Quality Report; 2003.

[106] Canales P, Borquez B, VJ, Hoehn M. La Contaminación por Olores y su Regulación en la Legislación Nacional y Extranjera. España y Alemania. Santiago de Chile: 112 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile; 2007.

La otra actúa a lo largo de semanas y meses, de forma que se necesita también un descanso de meses para recuperar la sensibilidad (Sánchez JI, Peña AA, Martínez JV, Valor I)[107].

El impacto a la salud por exposición crónica o aguda a emisiones atmosféricas puede estar mediado por mecanismos toxicológicos, caracterizados por respuestas fisiopatológicas que difieren según la naturaleza y características físicas y químicas de las sustancias.

Las emisiones de sustancias tóxicas al aire, provenientes de una variedad de fuentes fijas pueden estar asociadas con olores molestos y a veces nocivos. Las sustancias químicas presentes en los olores pueden exacerbar los síntomas en personas con asma, pero la evidencia de esta relación y la magnitud de los riesgos a la salud de las personas con asma, planteados por contaminantes olorosos, no ha sido cuantificada; la mayoría de las entidades de control tratan los olores como problemas de molestia. Sin embargo, hay investigaciones que sugieren que la exposición a compuestos olorosos en el ambiente puede conducir a efectos adversos a la salud, medibles entre personas con asma (White MC, Berger-Frank SA, Middleton DC, Falk H)[108]. Como se mencionó anteriormente, el impacto a la salud por exposición a emisiones atmosféricas puede ocurrir mediante mecanismos toxicológicos; sin embargo, en el caso de los olores ofensivos, también son importantes los mecanismos no toxicológicos, que se asocian con efectos sobre la calidad de vida de las personas, familias y comunidades.

2.6 Respuesta

La gestión de la calidad del aire incluye diversas acciones enfocadas a la reducción, prevención y control de emisiones, atender y prevenir los daños ocasionados por los contaminantes atmosféricos a la salud de las personas, a la productividad sostenible de los ecosistemas y la economía. En esta sección se presentan las acciones que se han implementado en el estado de Guanajuato para la atención de los aspectos socioeconómicos, las fuentes de emisión que alteran las condiciones de calidad del aire así como los sus impactos en la población y medio ambiente.

2.6.1 Seguimiento y Evolución de los ProAire en el Estado de Guanajuato

Al 2020 estado de Guanajuato cuenta con dos ProAire vigentes, el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022 y el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de León, Silao, Purísima del Rincón y San Francisco del Rincón 2013-2022. Dichos programas impactan directamente a 3´309,420[109] habitantes de los municipios que conforman las regiones del corredor industrial del bajío (Salamanca, Celaya, Irapuato, Silao, León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón), lo que constituye un porcentaje de 59.3 % del total de la población total del estado.

[107] Sánchez JI, Peña AA, Martínez JV, Valor I. Contaminación Ambiental por Olores. Fundamentos Básicos. Murcia: Calidad Ambiental; 2008.

[108] White MC, Berger-Frank SA, Middleton DC, Falk H. Asthma Occurrence - Community Concerns about Asthma and Air Toxics. Atlanta: Environmental Health Perspectives - PubMed - CDC; 2002.

[109] INEGI. 2020.



Figura 32. Evolución de los ProAire en el Estado de Guanajuato.

Qué no se ha logrado en los ProAire:

- El cumplimiento de los Programas se evalúa conforme a la realización de las acciones y no del impacto en reducción de emisiones.
- Las acciones son muy generales para todos los municipios, se deja de lado la problemática local y por consiguiente las acciones se vuelven incumplibles.
- Los municipios no dan cabal cumplimiento a las acciones por falta de presupuesto e infraestructura.
- Las dependencias estatales no incorporan en sus programas el componente ambiental para reducir y controlar emisiones contaminantes.
- Las dependencias e instancias Federales no comprometen acciones más allá de sus atribuciones.

No obstante a los esfuerzos realizados y logros alcanzados en los ProAire, y dado que las concentraciones de contaminantes atmosféricos y su contribución provienen de diversas regiones de la entidad, contaminantes que se encuentran relacionados directamente con las actividades económicas presentes, tales como la industria, comercios, servicios de transporte, así como actividades agrícolas y ganaderas, entre otras; es importante incrementar la cobertura de las acciones de prevención y control de la contaminación al resto de las regiones y municipios del estado, considerando las condiciones particulares, así como las fuentes emisoras.

2.6.2 Estrategias de difusión, comunicación y educación sobre calidad del aire

2.6.2.1 Educación y comunicación ambiental en el Estado de Guanajuato

En el 2019 la SAMA realizó cuatro consultas regionales con diferentes sectores de la población a fin de que se pudieran involucrar en la solución de problemas, en los diferentes rubros que marca el Manifiesto por la Grandeza Ambiental. En dichas consultas se resalta lo siguiente en materia de calidad del aire y de educación, comunicación y participación ciudadana:

- Falta de conciencia colectiva de movilidad sustentable
- Falta de capacitación en materia de calidad de aire
- Falta de estrategia sobre residuos agrícolas
- Participación de medios de comunicación
- Promover el uso de movilidad sustentable para el sector público y privado
- Tecnología alterna para ladrilleras y pirotecnia
- Concientización ambiental
- Creación de transporte sustentable

Destacando y concluyendo que: la educación ambiental, es el eje de la participación ciudadana.

La COAIRE, como órgano de carácter permanente mediante el cual se podrán proponer, evaluar y dar seguimiento de manera integral y sistemática, a los programas para mejorar la calidad del aire ya expedidos, así como aquéllos otros programas propuestos en el seno de esta única instancia, aprobó la creación de seis grupos de trabajo permanentes. Entre ellos, se encuentra el grupo de Trabajo de Educación, Comunicación y Participación Ciudadana, que tiene como finalidad apoyar a la COAIRE en el estudio, análisis, implementación, seguimiento y evaluación de las políticas públicas de calidad del aire desde su área de especialización. De conformidad con el artículo 13 del Decreto por el cual se creó la COAIRE, se deberán "Aprobar y evaluar los programas de educación y concientización ambiental y de difusión de información que permita dar a conocer los objetivos de las políticas públicas y los programas de calidad del aire[110]".

Con lo anterior, este grupo de trabajo presentó la propuesta del Programa de Educación y Comunicación Ambiental de Calidad del Aire de Guanajuato (PECA-Coaire) ante la COAIRE, la cual fue aprobada para dar a conocer los objetivos de las políticas públicas de calidad del aire implementadas, así como hacer partícipe a la ciudadanía de los procesos de evaluación de dichas políticas.

El PECA-Coaire involucra dos ejes elementales: a) educación ambiental en calidad del aire, b) comunicación ambiental en calidad del aire; ambos ejes, con perspectiva de derechos humanos; a fin de que los diferentes órdenes de gobierno, sectores públicos y privados involucrados y la ciudadanía sean capaces de entender la complejidad del problema de calidad del aire en Guanajuato derivado de las diferentes actividades humanas: industria, movilidad, entre otras.

2.6.2.2 Esquema de comunicación de calidad del aire (Índice Aire Salud)

El 12 de abril de 2023 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2023, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. Tiene el propósito de informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición.

El Índice tiene el propósito de informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición.

El Índice Aire y Salud, se determina considerando los siguientes criterios de acuerdo con lo especificado en la NOM-172-SEMARNAT-2023:

Tabla 26. Límites de aplicación del Índice Aire y Salud.

Parámetros de medición		**Límites**				
Contaminante Criterio/ Unidades	**Tiempo de Exposición**	**Buena**	**Aceptable**	**Mala**	**Muy Mala**	**Extremadamente mala**
		Nivel de riesgo asociado				
		Bajo	**Moderado**	**Alto**	**Muy alto**	**Extremadamente alto**
PM_{10} ($\mu g/m^3$)*	12 horas	0-45	>45 y 60	>60 y 132	>132 y 213	>213
PM2.5 ($\mu g/m^3$)*	12 horas	0-15	>15 y 33	>33 y 79	>79 y 130	>130
SO_2, ppm	24 horas	≤ 0.035	>0.035 y 0.075	> 0.075 y 0.185	>0.18 5 y 0.304	>0.304
NO_2, ppm	1 horas	0.053	>0.053 y 0.106	>0.106 y 0.160	>0.160 y 0.213	>0.213
CO, ppm	8 horas	5.00	>5.00 y 9.00	>9.00 y 12.00	>12.00 y 16.00	>16.00
O_3, ppm	8 horas	≤ 0.058	>0.058 y 0.090	> 0.090 y 0.135	>0.135 y 0.175	>0.175

Calidad del aire	**Nivel de riesgo asociado**	**Descripción del Riesgo**	**Color**
Buena	Bajo	La calidad del aire es buena y se considera que el	Verde

[110] Periódico oficial del Estado de Guanajuato. Decreto Gubernativo número 27. 2019. Comisión para el Mejoramiento del Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (COAIRE).

		riesgo en salud es mínimo o nulo.	
Aceptable	Moderado	La calidad del aire es aceptable, sin embargo, representa un riesgo a la salud moderado para un grupo de personas, especialmente aquellos que son sensibles al ozono (O3) o material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y pueden experimentar irritación de ojos y síntomas respiratorios como tos, irritación de vías respiratorias, expectoración o flema, dificultad para respirar o sibilancias	Amarillo
Mala	Alto	La calidad del aire es mala para personas sensibles que pueden experimentar un incremento en el riesgo de síntomas respiratorios y/o disminución en la función pulmonar, pero la población en general es poco probable que se vea afectada.	Naranja
Muy mala	Muy alto	La población general puede presentar daños a la salud, sin embargo, las personas sensibles pueden experimentar un agravamiento de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica o evento cardiovascular e incremento en la probabilidad de muerte prematura en personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cardiaca.	Rojo
Extremadamente mala	Extremadamente alto	Es más probable que cualquier persona se vea afectada por efectos graves a la salud.	Morado

*A partir del 2026 los valores de aceptable y malo para PM_{10} y $PM_{2.5}$ serán más estrictos

Así pues, el Índice queda determinado por el valor más alto de la concentración de un contaminante, independientemente de cuál se trate. Por ejemplo, si todos los contaminantes están a una concentración que está dentro de los límites para una calidad del aire buena (color verde), y al superar uno de ellos el valor, el índice aire y salud indicará una calidad del aire aceptable, con un nivel de riesgo a la salud moderado.

Por todo lo anterior, la percepción social sobre el estado de la calidad del aire se puede ver afectada dando la impresión de que las condiciones son peores, por lo anterior es necesaria la difusión puntual de que este nuevo índice tiene un objetivo específico para que cada persona pueda tomar las medidas necesarias de prevención para su salud.

2.6.3 Gestión de la calidad del aire en el estado de Guanajuato

La contaminación del aire es uno de los principales retos de la calidad ambiental urbana. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2016)[111], más de 1.000 millones de personas están expuestas anualmente a la contaminación del aire exterior. Se calcula que la contaminación atmosférica urbana cuesta aproximadamente el 2% del PIB en los países desarrollados y el 5% en los países en desarrollo. (PNUMA, 2016)[112]. Sin embargo, aún la gestión y el control de la contaminación del aire a nivel municipios no representa un aspecto relevante en los presupuestos en comparación con otros temas ambientales, como la gestión de residuos sólidos, la gestión del agua o el saneamiento urbano.

Con la definición de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS, 2018)[113] quedó manifiesta la importancia para el Desarrollo Sostenible de la Gestión de la Calidad del Aire, lo anterior se plantea en el objetivo 11 Comunidades y Ciudades Sustentables, así como su aportación desde lo local al objetivo 13 Acción por el Clima que en el ámbito global es asociado al problema del Cambio Climático.

El Estado y los Ayuntamientos son los responsables de la gestión y control de la calidad del aire. La creciente demanda de bienes y servicios, así como las actividades industriales, dinámicas poblacionales y de movilidad generan procesos de contaminación atmosférica que deben prevenirse y controlarse. El control de la calidad del aire es una actividad importante en la que los gobiernos deben enfocarse. Por esto, debe estar acompañada de marcos regulatorios que faciliten su ejecución y el desarrollo de mecanismos para su control.

La gestión de la calidad del aire tiene como propósito la adecuación de los niveles de contaminación atmosférica para proteger el bienestar y la salud humana, así como de los ecosistemas. Para ello, es fundamental la coordinación con autoridades y sectores de la población, para la ejecución de acciones enfocadas a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera. La base de la gestión es la

[111] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2016.

[112] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2016.

[113] Objetivos del Desarrollo Sustentable de la Agenda 2030, Agenda 2030, ONU 2018.

generación de información de tal manera que permita la coordinación entre los actores que tienen injerencia en la materia.

La gestión de la calidad del aire incluye el desarrollo de todas las actividades a la que la autoridad competente debe comprometerse para proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de la contaminación del aire.

Los indicadores de gestión ambiental relacionados con la calidad del aire en el Estado refieren a modelos cuantitativos integrados con sistemas de información geo referencial, así como los datos de la red de monitoreo atmosférico que proveen información a la ciudadanía de acuerdo con las concentraciones de contaminantes y la exposición de la población, para una mejor toma de decisiones.

Como ya se mencionó anteriormente, el Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato (CEICA), integra y provee datos estadísticos confiables respecto de la contaminación atmosférica y las fuentes que la generan desde los municipios, pone a disposición de todas las personas interesadas, información del Sistema de Monitoreo Atmosférico, del Sistema Estatal de Verificación Vehicular y de los instrumentos de gestión que identifican el tipo de fuente emisora, analizan la dinámica de los contaminantes en el aire y evalúan los impactos en la salud de las personas y los ecosistemas. A través del Monitoreo Atmosférico, se revisa, procesa valida y difunde la información generada en tiempo real por las estaciones que integran el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (SIMEG), así como los riesgos a la salud de la población; se evalúa y se generan estadísticas respecto del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en materia de salud ambiental.



Figura 33. Centro de Información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato (CEICA).

A través de los siguientes instrumentos de gestión se genera información respecto de los contaminantes atmosféricos provenientes de las diferentes fuentes, se desarrollan análisis sobre la dinámica las concentraciones en aire ambiente, y evaluación de los impactos en la salud de la población:

- Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores
- Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
- Modelos de evaluación de impactos en salud
- Modelos de simulación de la dispersión de contaminantes
- Pronósticos de calidad del aire.

Con lo anterior es evidente el hecho sobre la relevancia del aire limpio para la salud humana y el bienestar ecológico, su gestión por parte de los gobiernos de forma holística, que abarque tanto elementos cuantitativos (numéricos) como cualitativos (de significado), con una estrategia orientada a las categorías: Sociales, Económicas, Educativas y Culturales, así como su importancia para la mitigación y adaptación al Cambio Climático.

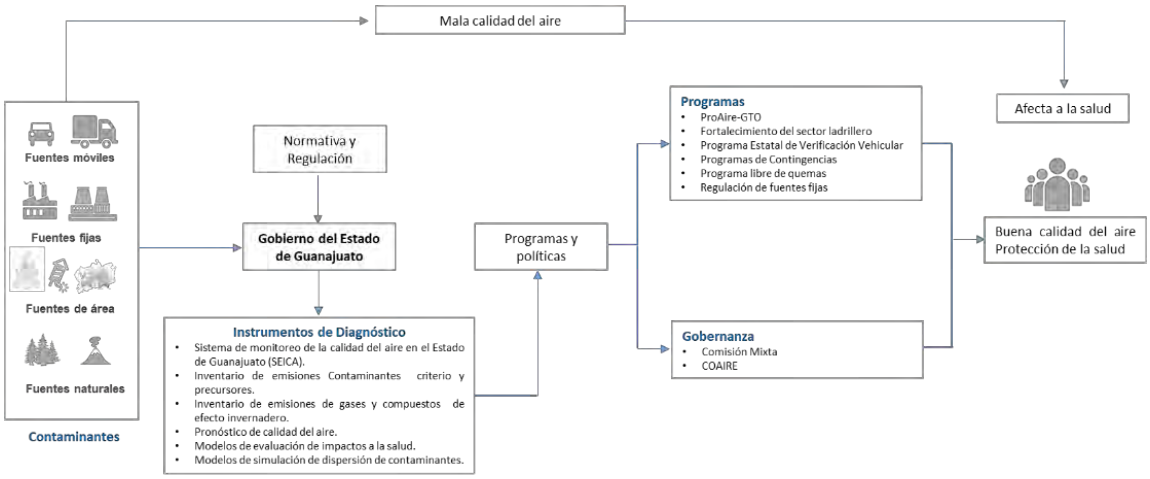


Figura 34. Esquema de Gestión de la Calidad del Aire de Guanajuato.
Fuente: Gestión Ambiental, SAMA.

2.6.4 Mecanismos de participación ciudadana en la política ambiental local, con énfasis en la calidad del aire.

En el estado de Guanajuato se cuenta con dos modelos de gestión de la gobernanza de la calidad del aire:

- La Comisión Mixta para la Atención del Sector Ladrillero en el Estado de Guanajuato creada por la SAMA el 22 de octubre del año 2022[114], conformada por el gobierno estatal, municipal, el sector de la construcción (CANADEVI, CONCAMIN y CEMIC), productores ladrilleros (León y Abasolo), un organismo ambientalista (Colectivo por Calidad del Aire de León), la academia, que para este primer periodo se cuenta con un representante de la Universidad de Guanajuato, así como de un organismo internacional, el World Resources Institute (WRI).
- Comisión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (COAIRE), creada por la SAMA el 05 de junio del 2019[115]. Dicha comisión está integrada por gobierno Estatal, municipal y representantes de la ciudadanía.

2.6.5 Programas auxiliares en la gestión de la calidad del aire

5.3.5.1 Programa Estatal de Verificación Vehicular

El Programa Estatal de Verificación Vehicular (PEVV), como uno de los principales instrumentos para el control de las emisiones provenientes de los vehículos en circulación (fuentes móviles), lo cual se realiza a través de certificar que estas emisiones se encuentran dentro de los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas en la materia.

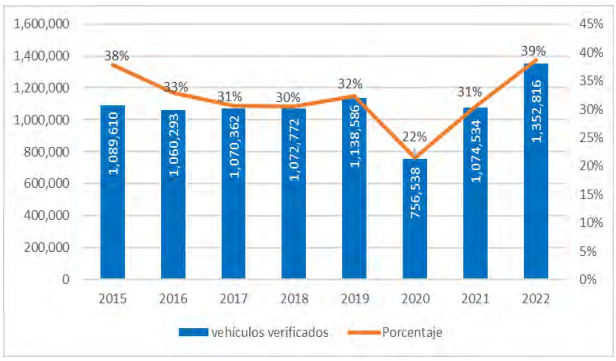
Al cierre del 2022, se cuenta con 140 centros de verificación vehicular autorizados, los cuales se ubican en 36 de los 46 municipios del Estado. Los centros de verificación operan con base en los procedimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-2014, así como los límites máximos permisibles de emisión aplicables a todo el territorio nacional para emitir el distintivo del tipo “usual”, obligatorio en la entidad. Adicionalmente, en beneficio de la población guanajuatense, en 2022 se celebró un nuevo convenio de coordinación con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México , con lo cual se refrenda el compromiso de esta entidad, respecto del reconocimiento de los hologramas del tipo “doble cero”, “cero”, “uno” y “dos”, que emitan los 3 centros de verificación denominados

[114] Acuerdo Gubernativo núm. 306, publicado en P.O. núm. 207 de fecha 18 de octubre de 2022.

[115] Decreto Gubernativo núm. 27, publicado en el P.O. núm. 61 de fecha 05 de junio del 2019.

"Verificentros" de Guanajuato (con base en la NOM-167-SEMARNAT-2017 aplicable en la Megalópolis), ubicados en León, Irapuato y Celaya, con lo cual se permite exentar a los vehículos que los porten, todas o algunas de las restricciones a la circulación establecidas en los "Programa Hoy No Circula"[116].

Con base en lo anterior, en 2022 se otorgaron un total de 1´352,816 distintivos a vehículos automotores de competencia estatal, lo que representa el 39% del total de vehículos registrados en el estado que requieren realizar la prueba de evaluación de emisiones contaminantes de conformidad con la normativa aplicable.



Gráfica 40. Histórico de distintivos de verificación vehicular otorgados.
Fuente: SAMA, 2022[117].

En la gráfica anterior, se observa una reducción importante en la cantidad de vehículos verificados en el año 2020, esto debido al cierre temporal de centros de verificación vehicular, como una estrategia que el Gobierno del Estado implementó derivado de la pandemia de COVID-19.

En 2020 en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES) y el Instituto Estatal de Capacitación (IECA), se desarrolló la primera etapa del proyecto de Talleres de Alta Especialidad Marca GTO, a través del cual se establece un mecanismo de acreditación de establecimientos que realicen la reparación y sustitución de sistemas anticontaminantes, estableciendo las bases para poner a disposición de la ciudadanía una alternativa confiable al momento de realizar el arreglo de sus vehículos, con el cumplimiento de los estándares de emisiones de contaminantes establecidos nacionalmente.

En este mismo ejercicio, en coordinación con el municipio de León, se desarrolla el Programa Zona Aire Limpio para la Ciudad de León. El Programa establece un área geográficamente definida, en la que se implementarán políticas enfocadas en reducir emisiones contaminantes para mejorar la calidad del aire y la salud de la población, además de mejorar la movilidad, la gestión integral de residuos, recuperar espacios públicos e incrementar la infraestructura verde, así como fortalecer la resiliencia al cambio climático.

5.3.5.2 Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas

El Estado cuenta con dos programas vigentes, el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca y el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de León, los cuales tienen como objeto la reducción urgente e inmediata de las concentraciones de PM_{10} para el caso del Programa de León y PM_{10} y SO_2 para el Programa de Salamanca, así como señalar las fases de aplicación para el control de las actividades que generen dichas emisiones con el fin de prevenir los efectos de la contaminación sobre la salud de la población y de los ecosistemas.

El 22 diciembre del 2015 se publicó la actualización de los niveles de activación de las fases de contingencias ambientales para PM_{10} y SO_2 y se integró la nueva fase de Vulnerabilidad Atmosférica del Programa de Contingencias de Salamanca, así como su Manual de Aplicación. Es operado por el Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca (CTCAAS), presidido por la SAMA e

[116] SAMA. 2022. Datos del Centro de Información de Calidad del Aire.

[117] SAMA. 2022. Datos del Centro de Información de Calidad del Aire.

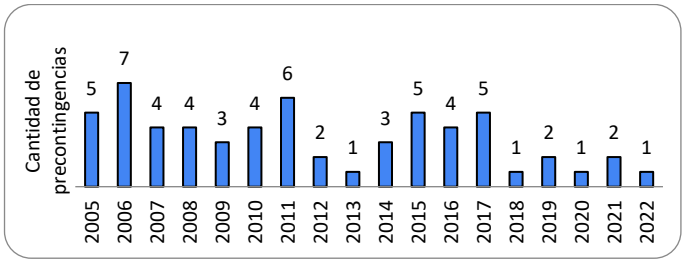
integrado por la SEMARNAT Delegación Guanajuato, PROFEPA, PAOT, SSG, SEG, Municipio de Salamanca, COTAS, el Patronato de la Calidad del Aire, la Central Termoeléctrica de Salamanca y Refinería de Salamanca.

Tabla 27. Niveles de activación y desactivación para PM_{10}, Salamanca.
Concentración en promedios móviles de 24 horas (PCAAS, 2015)[118]

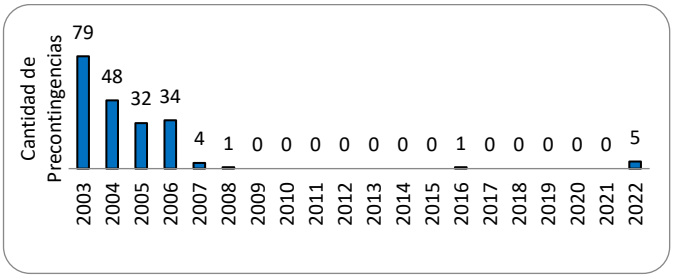
Fase	Niveles de Activación µg/m3	Nivel de Desactivación µg/m3
Precontingencia	≥ 140, < 245	< 110
Fase I	≥245, < 344	< 245
Fase II	≥ 344	< 344

Tabla 28. Niveles de activación y desactivación para SO_2, Salamanca.
Fuente: (SAMA, 2020)[119].

Concentración en promedios móviles de 24 horas		
Fase	**Niveles de Activación ppb**	**Nivel de Desactivación ppb**
Precontingencia	≥ 110, < 205	< 100
Fase I	≥205, < 285	< 205
Fase II	≥ 285	< 285



Gráfica 41. Número de activaciones de precontingencias por PM_{10} en Salamanca en el periodo 2005-2022.
Fuente: CTCAAS, SAMA[120].



Gráfica 42. Número de activaciones de precontingencias por SO_2 en Salamanca en el periodo 2005-2022.
Fuente: CTCAAS, SAMA[121].

En lo que respecta a la ciudad de León desde el 2009 se trabajó de manera interna un Programa de Prevención de Altos Niveles de Partículas PM_{10} de la Ciudad de León (PPANPL), llevando a cabo acciones de prevención

[118] Periódico Oficial del Estado de Guanajuato.2015. Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas para el municipio de Salamanca Guanajuato.

[119] Periódico Oficial del Estado de Guanajuato.2015. Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas para el municipio de Salamanca Guanajuato.

[120] SAMA. 2022. Datos del Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca para PM_{10}.

[121] SAMA. 2020. Datos del Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca para SO_2.

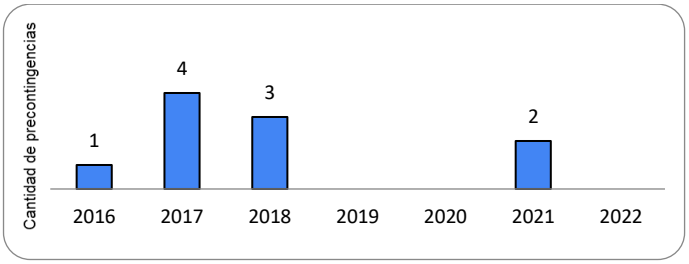
cuando los niveles de PM_{10} excedían los límites permitidos, teniendo cobertura únicamente en la zona donde se encuentra la estación de monitoreo de la calidad del aire ubicada en la Cámara de la Industria del Calzado del Estado de Guanajuato de León (CICEG).

Posteriormente como parte de los compromisos establecidos en el ProAire de León el Comité Técnico de Prevención de Altos Niveles de Partículas, aprobó la actualización del PPANPL y su Manual de aplicación, ampliando su cobertura a toda la zona urbana del municipio de León y modificando su denominación a Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de León "PCAAL, todo esto en la XII Sesión Ordinaria celebrada el día 19 de marzo del 2014.

La publicación de dicho Programa se llevó a cabo el día 03 de mayo del 2016 en el Diario Oficial del Estado de Guanajuato, entrando en vigor en julio del mismo año. Finalmente, el 13 de mayo del mismo año se instaló de manera formal el Comité de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de León "CTCAAL", para de esta manera dar seguimiento a las acciones establecidas.

Tabla 29. Niveles de activación y desactivación para PM_{10}. [122]

Concentraciones en promedios móviles de 24 horas		
Fase	**Activación µgr/m³**	**Desactivación µgr/m³**
Precontingencia	≥ 140, < 245	< 110
Fase I	≥ 245, < 344	< 245
Fase II	≥ 344	< 344



Gráfica 43. Número de activaciones de precontingencias por PM_{10} en León en el periodo 2016-2022.
Fuente: CTCAAL, SAMA[123].

La operación del Programa se lleva a través del Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de León (CTCAAL), presidido por el Titular de la Secretaría del Agua y Medio Ambiente e integrado por la Secretaría de Salud, Educación del Estado, PAOT, SEMARNAT, PROFEPA, el Municipio (Dirección General de Gestión Ambiental, Secretaría de Seguridad Pública, Dirección General de Obra Pública, Dirección General de Desarrollo Humano, Dirección General de Educación, Dirección General de Movilidad, Comisión Municipal de Deporte y el Sistema Integrado de Aseo Público) y la Universidad Tecnológica de León (operador de las estaciones de monitoreo).

Desde la instalación de dichos programas en el periodo del 2005 al 2020 se han activado 64 eventos de precontingencias por PM_{10}, 30 precontingencias por SO_2 y únicamente una activación de la Fase I por PM_{10} en el municipio de Salamanca y León.

[122] Periódico Oficial del Estado de Guanajuato. 2016. Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de León Guanajuato.
[123] SAMA. 2022. Datos del Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de León para PM_{10}.

Tabla 30. Número de activaciones de los PCAAS y PCAAL en el periodo 2005 al 2022.
Fuente: (CTCAA, SAMA)[124]

Municipio	Parámetro	Precontingencia	Fase I	Fase II
Salamanca	PM_{10}	62	1	-
	SO_2	35	-	-
León	PM_{10}	10	-	-

A la fecha los programas de Contingencias Ambientales se encuentran en proceso de actualización a fin de ampliar la cobertura en cuanto a contemplar otros contaminantes y municipios con monitoreo en el Estado (Celaya, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Silao, León Purísima del Rincón, Guanajuato, San Miguel de Allende y San Luis de la Paz).

5.3.5.3 Regulación de fuentes fijas de competencia estatal

El sector industrial en el estado de Guanajuato contribuye con la generación del 92% de Dióxido de Azufre (SO_2), 15% de Partículas ($PM_{2.5}$), 11% de Partículas (PM_{10}), 11% de Amoniaco (NH_3), 6% de Óxidos de Nitrógeno (NO_X), 3% de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), y 1% de Monóxido de Carbono (CO)[125].

A través de la Licencia Ambiental de Funcionamiento (LAF), emitida por la SAMA, se regulan las emisiones a la atmósfera provenientes de los establecimientos industriales que tienen su funcionamiento como fuentes fijas de jurisdicción estatal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera. En este sentido, en 2022, se resolvieron 100 solicitudes de LAF, de las cuales 49 corresponden a industrias que la obtuvieron por primera ocasión, 47 fueron actualizaciones, y 4 resultaron competencia de otro nivel de gobierno (SAMA, 2022)[126].

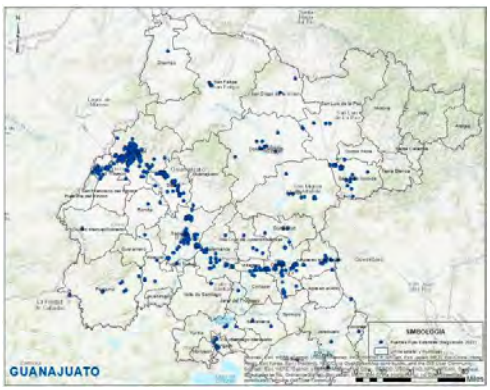


Figura 35. Distribución territorial de las fuentes fijas de jurisdicción estatal reguladas al año 2022. [127]
Fuente: Fuentes Fijas, SAMA.

Con el propósito de impulsar la participación del sector privado guanajuatense en el desarrollo ordenado y sustentable de nuestro territorio, a través de fomentar el orgullo de la identidad estatal, reconociendo el compromiso y desempeño de mejores prácticas ambientales, en 2020 se desarrollaron las Directrices del Distintivo GTO Sustentable. El Distintivo contará con niveles de reconocimiento, los cuales toman como base la Marca GTO, además del cumplimiento de la normativa ambiental, criterios de sustentabilidad y protección al ambiente, que puedan ser aplicados en las diferentes etapas de la generación de bienes y servicios en los

[124] SAMA. Datos del Comité Técnico de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca y de León para SO_2 y PM_{10}, 2022.
[125] SAMA. 2017. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato.
[126] SAMA. 2022. Departamento de Fuentes Fijas, Dirección General de Calidad del Aire.
[127] SAMA. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) 2022.

sectores primario, secundario y terciario del estado de Guanajuato, así como el reconocimiento de certificaciones nacionales e internacionales con las que las unidades económicas cuenten.

5.3.5.4 Política de Cambio Climático en el Estado de Guanajuato

Para la atención al cambio climático en Guanajuato, por parte del estado de Guanajuato, el 15 de noviembre de 2013[128], se publicó la Ley de Cambio Climático para el estado de Guanajuato y sus Municipios, que tiene por objeto establecer las normas, principios, y bases para la determinación de las autoridades competentes para la aplicación de la Ley. De la misma forma establece el proceso de formulación, conducción y evaluación de la política estatal en materia de cambio climático, así como la integración y actualización de información que sustente las decisiones en materia de mitigación y adaptación. Se busca el fomento a la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático, y el establecimiento y aplicación de instrumentos económicos que impulsen la aplicación de acciones de mitigación y adaptación.

Dicha Ley crea el Sistema Estatal de Cambio Climático que se conforma por el Consejo Estatal de Cambio Climático, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, los ayuntamientos, y el Observatorio Ciudadano. La finalidad de contar con un Sistema Estatal de cambio climático que funja como un mecanismo permanente de concurrencia, comunicación, colaboración, y coordinación sobre la política estatal de cambio climático.

El órgano encargado de coordinar que las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal impulsen, promuevan, planifiquen y ejecuten acciones transversales y articuladas de mitigación y adaptación del cambio climático es la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (COCLIMA). Esta comisión se decretó el 2 de octubre del 2007 y está integrada por 13 dependencias y entidades del Gobierno Estatal.

Así mismo, con el fin de lograr la convergencia entre la política climática y energética del estado, se ha diseñado en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo BID y SDES, el Programa de Diversificación y Eficiencia Energética cuyo objetivo es incrementar la seguridad energética, favorecer el desarrollo sustentable del sector energético en sus tres dimensiones (ambiental, social y financiero) y aumentar la competitividad**.**

5.3.5.5 Programa de atención integral al Sector Ladrillero

La estrategia para la atención al sector ladrillero, aborda la problemática con una visión sistémica, observando las dimensiones económica y social, además de la ambiental. Tiene como principal objetivo transitar de la elaboración de ladrillo rojo artesanal hacia distintas alternativas que permitan a los productores diversificar los ingresos y con ello mejorar la calidad de vida de sus familias.

Lo anterior, con la finalidad de proteger la salud de la población y el ecosistema, al reducir significativamente las emisiones atmosféricas generadas, y fomentar el uso racional de los recursos naturales, además de contribuir al desarrollo económico y social del sector. Se plantean los siguientes objetivos:

1. Implementar un nuevo modelo de negocio que permita a los productores contar con procesos productivos sustentables, además de agregar valor en la comercialización de sus productos terminados, mediante la Marca GTO.
2. Contribuir a proteger a la salud de la población y de los ecosistemas, a través de reducir los impactos ambientales asociados a la producción de ladrillo (aire, agua y suelo) con Centros de Trabajo para la producción sustentable.
3. Lograr un desarrollo integral para las familias dedicadas a este giro que les permita acceder a una mejor calidad de vida.

El modelo de Centros de Trabajo de Industria Sustentable contempla la adopción de hornos con tecnificación básica de baja emisión, provistos de chimenea y equipos de control, que cumplen con la normativa federal aplicable a emisiones atmosféricas. Con ello, se exenta del cumplimiento de la Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-001-2010, aplicable a hornos ladrilleros con actividad artesanal, carentes de controles; y permite además

[128] Ley de Cambio Climático para el Estado de Guanajuato y sus Municipios. 2020. Periódico Oficial del Estado de Guanajuato.

su establecimiento en zonas o parques industriales que cuenten con infraestructura necesaria que facilite el desarrollo de sus operaciones.

En 2019, la SAMA en colaboración con el Municipio de Salamanca, finalizaron la construcción del Centro de Trabajo de Industria Sustentable de Insumos de la Construcción para el municipio de Salamanca (ISIC). Para lo cual, el Municipio de Salamanca destinó el predio rústico de su propiedad, en la localidad de San José Ulapa, de una superficie de 6.3 ha, el cual cuenta con permiso de uso de suelo emitido por la Dirección General de Ordenamiento Territorial y Urbano del Municipio de Salamanca para la elaboración de productos de arcilla y sus derivados, así como de acopio y tratamiento de residuos de manejo especial, en cumplimiento con el Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Territorial. Así también, se cuenta con infraestructura base para la producción sustentable de ladrillo: cercado perimetral, energía eléctrica, espacio de usos múltiples y 3 hornos MK2[129].

En 2020 se operó en fase de pruebas los hornos MK2 para el inició la capacitación de las personas productoras y la evaluación de las emisiones atmosféricas en fuente, con lo cual fueron validados respecto del cumplimiento de los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993 que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. Con ello, en el mes de septiembre de 2020, se emitió la Licencia Ambiental de Funcionamiento para fuentes fijas de jurisdicción estatal, así como el manual de operación del horno MK2, lo cual permite el control de las emisiones generadas en cumplimiento con la normativa aplicable.

Así también, en este año, con la participación de la SAMA, la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable (SDES), la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial (PAOT), el Municipio de Salamanca y una productora de ladrillo que fungió como representante del sector, se celebró el Convenio de coordinación para instrumentar acciones para el mejoramiento del sector ladrillero del Municipio de Salamanca, Guanajuato. A través de esta sinergia, se estableció un plan de transición para la producción sustentable de ladrillo en el Centro de Trabajo ISIC, en el cual se lleva a cabo la tecnificación del método de producción de ladrillo cocido elaborado a base de arcillas, lo cual permite a las personas productoras formalizar su actividad, mitigar los impactos al medio ambiente, así como incrementar sus ingresos y competitividad.



Figura 36. Centro de Trabajo de Industria Sustentable de Insumos de la Construcción para el municipio de Salamanca.

A principios del año 2023 se presentó la estrategia en la zona de ladrilleras del Refugio del municipio de León, esperando que a mediados del mismo año se demuelan los dos primeros hornos de ladrillo rojo, con ello se estima que se dejan de producir 20 mil ladrillos rojos al mes en promedio por horno apagado, y se dejan de emitir 130 toneladas de CO_2. Como parte de esta estrategia se pondrá en operación el Centro de Producción de Blocks/Tabicón de Cemento, conocido como bloquera, a cargo de un productor quien es el propietario de los hornos por demoler y quien podrá realizar su primera venta blocks a la empresa Construrama. El programa

[129] SAMA. 2020. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.

integral de apoyo al sector ladrillero contempla, que la empresa Construrama ponga a la venta un kit especial para autoconstrucción (con este tipo de blocks). Este plan iniciará en 9 sucursales en Salamanca y 1 en Cortazar, con la meta que en 2 meses llegue a más de 100 sucursales en todo el Estado.

Así mismo Fondos Guanajuato apoyará con su programa de créditos para iniciar con una bloquera (150 mil pesos) o para hornos ecológicos MK2 que producirán el ladrillo Sustentable (hasta un máximo de 245 mil pesos) y la Secretaría de Desarrollo Económico apoyará con capital semilla de 100 mil pesos, más un subsidio del Instituto de Innovación, Ciencia y Emprendimiento (IDEA GTO) para la construcción de la chimenea y equipo de control de emisiones.



Figura 37. Fabricación de blocks de cemento, productores del Refugio.

5.3.5.6 Programa Guanajuato Libre de Quemas

De forma general, poco más del 60% de los episodios en que se excede el valor límite de PM_{10}, se registran durante la temporada invernal y ciclos agrícolas, en la cual, las quemas de pastizales y de residuos sólidos en zonas urbanas, así como la quema de esquilmos, se identifican como fuentes clave. Con la incorporación de la aplicación IGNIS desarrollada por la Universidad de Guanajuato y con la atención de la brigada contra quema a pie de carretera, los reportes de quemas a cielo abierto en 2022 fueron de 11,315, siendo el pastizal el de mayor incidencia con el 58.3%, las casas vehículos y empresas en 13%, basura con el 11%. Los municipios con mayor número de quemas fueron: Celaya con 23%, seguido de León con 20%, San Francisco del Rincón con 16%, Salamanca con 9%, Salvatierra 8%, Irapuato con 7% y Purísima con 6%[130].

Con el objetivo de prevenir las quemas de esquilmo, se realizó la integración del Grupo de Trabajo en el cual participa la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAyR), la SAMA, la PAOT y personal del Programa MasAgro. El trabajo coordinado se enfoca en las siguientes líneas de acción:

- Alternativas de aprovechamiento de residuos
- Capacitación y difusión
- Actualización del marco regulatorio e incentivos
- Seguimiento al monitoreo, inspección y vigilancia

Para impulsar prácticas sustentables en el sector agrícola, en 2007 y 2019 se crearon los Centros de Maquinaria Agrícola de Salamanca e Irapuato, instalados en el Distrito de Riego 011 y el Módulo de Riego 06, respectivamente, apoyando a los productores para el aprovechamiento de 1 mil 900 toneladas de esquilmo, con lo que se evitó su quema y la emisión de cerca de 108 toneladas de partículas PM_{10} a la atmósfera. En 2020 se adquirió maquinaria y equipo para fortalecer el centro agrícola de Salvatierra[131].

[130] SAMA. 2022. Con información de datos estadísticos de quemas a cielo abierto, DGCA.

[131] SAMA. 2020. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.



Figura 38. Operación de los centros de maquinaria agrícola.

Adicionalmente, desde el 2019 la SAMA opera la guardia contra quemas, desde sus inicios al 2022 se han atendido 1,088.2 hectáreas de quema de pastizales principalmente, con lo cual se evitó la emisión de 126 toneladas de partículas PM_{10} a la atmósfera, que afectan la salud de la población[132].



Figura 39. Operación de la cuadrilla para la atención de quemas a pie de carretera en el corredor industrial.

5.3.5.7 Plan de atención a la temporada invernal

La temporada invernal históricamente representa una situación compleja para la dispersión de contaminantes atmosféricos, aunado a ello la actividad industrial y económica, así como las festividades propias de la época afectan la Calidad del Aire, siendo las quemas a cielo abierto de cualquier tipo de residuo las que constituyen uno de los principales factores de deterioro de la calidad del aire en el estado, por su contribución a la generación de contaminantes criterio como las partículas menores PM_{10}, lo cual se ve reflejado en los días que sobrepasa lo establecido por las Normas de Salud.

Desde el 2016 a través de la SAMA, se implementa el Plan de Prevención de Temporada Invernal en Materia de Calidad del Aire, el cual tiene el objetivo general de proteger la salud de la población de episodios de concentraciones perjudiciales de contaminación atmosféricos mediante la reducción y prevención de incendios a cielo abierto (esquilmos en zonas agrícolas, pastizales en zonas urbanas y a pie de carretera), así

[132] SAMA. 2022. Con información de datos estadísticos de quemas a cielo abierto, DGCA.

como la reducción del uso de pirotecnia, a través de la coordinación interinstitucional. Contempla una serie de acciones coordinadas, enfocadas a tres líneas de acción: 1) Población Informada, 2) Coordinación para la mitigación, y 3) Transversalidad institucional, durante los meses de noviembre a febrero, principalmente, en los municipios del corredor industrial: Apaseo el Alto, Apaseo el Grande, Salamanca, Celaya, Irapuato, Cortázar, Villagrán, León, San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón y Silao.

5.3.5.8 Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial de Guanajuato (PEPGIRG)

El PEPGIRG se elabora en cumplimiento del Artículo 13 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato (LEGIREMG) en el que se establece que: El Ejecutivo del Estado establecerá el programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos, de conformidad con la LEGIREMG, con el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial y demás disposiciones aplicables. El PEPGIRG está elaborado en concordancia con lo que establece el programa nacional.

Es el principal instrumento de planeación y política ambiental del Gobierno de Guanajuato en materia de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, gestionados en el Estado, en cumplimiento con las competencias establecidas en la Constitución Política de Estados Unidos Mexicanos y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Este instrumento normativo tiene como principales ejes de actuación jerárquica en materia de gestión y manejo de residuos: 1. Prevención, fomentando la minimización de residuos como herramienta básica de prevención; 2. Recuperación, canalizando los residuos generados a procesos de valorización con el objetivo de volverlos a introducir nuevamente en el ciclo productivo; 3. Eliminación segura, aplicando al máximo óptimo los ejes de prevención y recuperación, los residuos que no se hayan podido aprovechar deberán ser depositados en sitios de disposición final que cumplan la legislación de la materia,. De esta manera se evitará la quema a cielo abierto de los RSU por su disposición inadecuada, ya que al 2022 representó un 13% de los reportes de quemas en el estado.

5.3.5.9 Programa Estatal de Movilidad

El Programa de Movilidad 2021-2024 es un instrumento de planeación previsto en la Ley de Movilidad del Estado de Guanajuato y sus Municipios. El propósito del Programa es mejorar la movilidad de las personas de manera comprometida con la preservación del patrimonio de las futuras generaciones, en total concordancia con el Programa de Gobierno 2018 – 2024 del Estado de Guanajuato, y así garantizar las condiciones para un desplazamiento incluyente, sustentable y con seguridad vial, por la entidad. Permite el impulso de medios alternos de movilidad, una mejor convivencia, cultura vial y mayor integración entre diversos modos de transporte. Además, promueve el uso de tecnologías menos contaminantes.

Así mismo, el Programa Estatal de Movilidad, está alineado a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, teniendo como uno de sus objetivos, promover el uso de tecnologías menos contaminantes para la movilidad, reduciendo el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades prestando especial atención en mejorar las condiciones de calidad del aire.

5.3.5.10 Programa Estatal Forestal del Estado de Guanajuato

El Programa tiene el propósito de contribuir a la conservación de los ecosistemas forestales y al desarrollo sustentable de las comunidades rurales en el territorio del Estado de Guanajuato, y contribuir a las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático, en congruencia con el Programa Estatal Forestal y al Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial. Siendo un programa donde se ejecutan acciones de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, resulta de importancia en la reducción de la incidencia de incendios forestales que contribuyen de manera importante en la generación de contaminantes criterio como las partículas $PM_{2.5}$ y CO, así como de contaminantes de efecto invernadero como el CO_2.

5.3.5.11 Programa Estratégico de Compensación Ambiental (PECSA)

El PECSA tiene como objetivo la compensación a los factores ambientales afectados por el desarrollo de proyectos a través de una serie de medidas oportunas en áreas prioritarias para la generación de servicios ambientales. Busca resarcir el deterioro ocasionado por una obra o actividad, ya sea en un entorno natural o distinto al afectado. Por medio de las medidas de compensación establecidas en las autorizaciones de impacto ambiental que emite la SAMA para los diferentes proyectos con más de 300 empresas que se han establecido en el territorio estatal, se ha logrado la intervención de más de 2 mil 476 hectáreas, que equivale a capturar anualmente 51,077.98m3 de agua, que representan el consumo mensual promedio de aproximadamente 2 mil 350 viviendas. Con dicho programa se han ejecutado acciones de conservación de suelo, agua y servicios ambientales dentro de las ANP de competencia estatal; en beneficio de los habitantes de estas. Con estas acciones se reduce la contaminación del aire y, a su vez, el efecto invernadero que contribuye al calentamiento global.

5.3.5.12 Programas Municipales de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial (PEDUOET)

A partir de la publicación oficial del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial – 2040 publicado en el Periódico Oficial de Gobierno del Estado de Guanajuato Número 66 Segunda Parte de fecha 2 de abril de 2019, los municipios del estado deben actualizar y publicar su Pmduoet. Con dicha actualización la SAMA estableció un programa permanente de asesoría técnica y apoyo a municipios para garantizar la congruencia con el Programa estatal. Actualmente la SAMA encabeza el grupo de trabajo interinstitucional de revisión de los Pmduoet, el cual está conformado por diferentes instituciones públicas del Estado: CEAG, SDES, SDAyR, SEDESHU, SECTUR, IMUVI, CEPC, SICOM. Este grupo tiene como finalidad revisar y observar elementos y proyectos propuestos en los programas en materia de las distintas atribuciones considerando las temáticas: áreas naturales protegidas, recursos forestales, cambio climático y calidad del aire, riesgos, vivienda, desarrollo urbano, infraestructura vial, obra pública, proyectos turísticos, parques solares, parques eólicos, industria, ladrilleras, minería metálica y no metálica, zonas de recarga de acuíferos, aguas superficiales, fraccionamientos, movilidad, sitios de disposición final, obra hidráulica, biodiversidad, zonas agrícolas, disponibilidad de agua, entre otras específicas.

En su Eje uso sustentable de los recursos naturales se da una gran importancia las estrategias destinadas a solventar la problemática del aire y el suelo, que deben ser preservados de la degradación derivada de las actividades humanas como las emisiones de GEI, la erosión hídrica, eólica y la pérdida de fertilidad derivada de las prácticas agropecuarias incorrectas, como el sobrepastoreo y la salinización.

5.3.5.13 Programa de calentadores solares

El programa de calentadores solares de agua brinda a la población del estado de Guanajuato que habita en las zonas con mayor vulnerabilidad, las herramientas para desarrollar capacidades de mitigación de GyCEI y de adaptación al cambio climático.

La disponibilidad de agua caliente mejora la calidad de vida de la población, al reducir su consumo de otros energéticos como la leña o el gas LP, lo cual redunda en ahorros económicos y la reducción de la emisión de contaminantes atmosféricos como las partículas $PM_{2.5}$, CO y COV´s principalmente, a la par se reduce la emisión de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI).

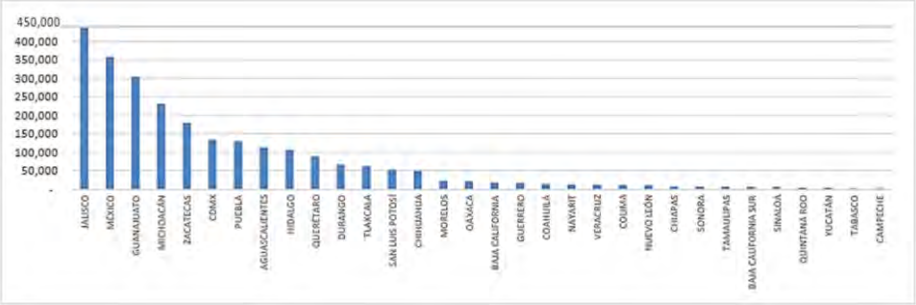
Del año 2019 a febrero de 2021 se han instalado 10 mil 696 calentadores solares de agua en las zonas marginadas del estado, mitigando 4 mil 578 toneladas de dióxido de carbono equivalente ($CO2_{eq}$) anuales y beneficiando a más de 40 mil personas[133].

A la par de la instalación, dentro de este programa se contempla la socialización de la entrega del equipo, es decir, el proceso mediante el cual se reduce la brecha de adopción de una tecnología ecológica por parte de

[133] SAMA. 2022. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.

la persona beneficiaria con la finalidad de garantizar el adecuado funcionamiento del apoyo recibido durante su tiempo de vida útil.

Gracias en parte a este programa, de acuerdo con la encuesta "Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2016 y 2018 del INEGI", la penetración de esta tecnología en el estado aumentó del 11 por ciento en 2016 al 20.3 por ciento en 2018 ubicándose como el tercer estado con mayor cantidad de hogares con CSA.



Gráfica 44. Cantidad de calentadores solares de agua por entidad federativa.
Fuente: Elaboración propia con datos de Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2016 y 2018 del INEGI.

5.3.5.14 Programa de fomento a la sustentabilidad energética

El sector energético es el que contribuye en mayor medida a la emisión de GyCEI en el estado de Guanajuato y en el país. Por lo que se han realizado diversos esfuerzos para acelerar la transición al uso de energías más limpias y renovables. Uno de estos esfuerzos es el Programa de Fomento a la Sustentabilidad Energética, el cual tiene como objetivo general reducir las emisiones de GyCEI provenientes del sector energético y contribuir a la transición energética, mediante el fomento a la eficiencia energética y a la generación de energía renovable.

Durante el periodo de 2018 – 2020, la SAMA, a través de la Dirección General de Cambio Climático y Sustentabilidad Energética (DGCCySE), ha instalado en viviendas, escuelas públicas y en edificios del gobierno del Estado un total de 836 módulos fotovoltaicos con una capacidad instalada de 276.9 kilowatts-pico (kWp). Con estos módulos se generarán 472.24 megawatts-hora (MWh) al año, mitigando 238.48 toneladas de dióxido de carbono equivalente al año (CO2eq)[134].

En el 2018, se instalaron 46 módulos fotovoltaicos en 3 escuelas públicas y en 8 viviendas. Durante el 2019 se instalaron 394 módulos en 23 escuelas públicas y en 8 edificios del Gobierno del Estado y para el 2020 fueron 396 módulos en 5 edificios del Gobierno del Estado y en 1 escuela de nivel superior[135].

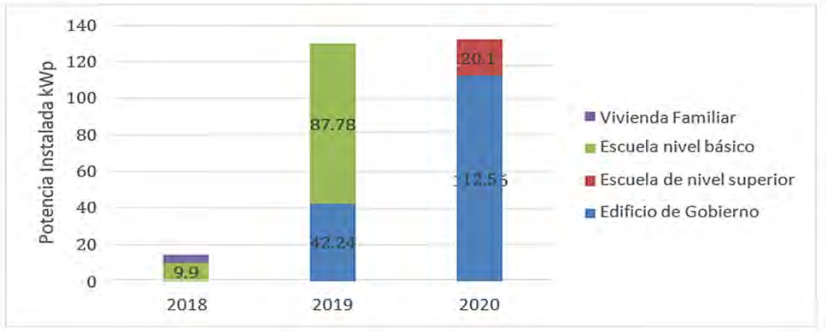
[134] SAMA. 2020. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.

[135] SAMA. 2020. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.



Figura 40. Instalación de sistemas fotovoltaicos en escuelas primarias Prof. Sixtos Nieto y Dr. J. Jesús González, municipio de León, Guanajuato.

Figura 41. Instalación de sistema fotovoltaico en la SAMA, en el municipio de Guanajuato.



Gráfica 45. Capacidad instalada por la SAMA de energía renovable en generación distribuida fotovoltaica.
Fuente: Dirección General de Cambio Climático, SAMA.

Dentro de este programa, en 2019 se llevó a cabo un estudio de eficiencia energética en oficinas de Gobierno del estado de Guanajuato en el cual se realizó el análisis histórico y prospectivo del consumo de energía eléctrica para 516 edificios, esto con el fin de visualizar el potencial de mitigación de GyCEI con la implementación de diferentes medidas de eficiencia energética. El potencial es de hasta 8 mil 641 toneladas de $CO2_{eq}$ mitigadas al 2040[136]. Además, se realizaron diagnósticos energéticos en diez edificios para proporcionar el catálogo de medidas y acciones de eficiencia energética particulares para la mitigación de GyCEI con su respectivo análisis costo- beneficio.

5.3.5.15 Fondo Ambiental del Estado de Guanajuato

[136] SAMA. 2020. Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.

El Gobierno del Estado de Guanajuato cuenta con el Fondo Ambiental (FOAM)[137], permitiendo financiar proyectos viables a la SAMA, PAOT y entidades municipales, para atender problemas, necesidades y oportunidades estratégicas para la prevención y control de la contaminación, así como para la protección y conservación de los recursos naturales, además de crear infraestructura hidráulica requerida en el Estado. Los recursos FOAM provienen de ingresos por la venta de hologramas y distintivos de verificación vehicular. Los recursos ingresan directamente a la SAMA.
Desde sus inicios en año 2000 a la fecha se ha apoyado en los siguientes proyectos en materia de recursos naturales, gestión integral de residuos, mitigación y adaptación al cambio climático, gestión de la calidad del aire y contaminación, ordenamiento y territorio, inspección y vigilancia, así como agua y saneamiento: equipamiento de brigadas contra incendios, equipamiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire, sistemas de captación de agua, calentadores solares, Fogones y estufas ecológicas, camiones compactadores de RSU, ampliaciones de rellenos sanitarios, fortalecimiento del Programa Estatal de Verificación Vehicular, diagnósticos, estudios e inventarios,
Sistemas fotovoltaicos en espacios públicos, Casa de la Tierra Celaya, Luminarias solares, Infraestructura verde.

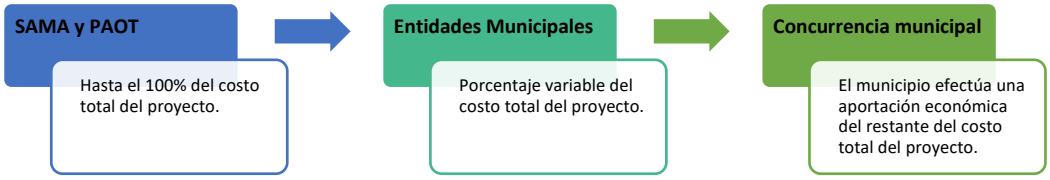


Figura 42. Porcentajes y montos de apoyo que otorga el FOAM.

3. Estrategias, medidas y acciones

3.1 Objetivo General

Establecer un marco general de operación para la coordinación con diferentes sectores y los tres órdenes de gobierno en la participación y cooperación de la implementación de medidas en busca de contribuir en la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera para el cuidado del medio ambiente y la protección a la salud de la población.

3.2 Objetivos específicos

Objetivo a nivel fin: Contribuir a mejorar la calidad del aire y la salud de la población mediante la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos.

Objetivo a nivel propósito: Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, COVs y NO_X.

3.3 Metas

Lograr al 2030 el cumplimiento del 100% de las medidas, así como la reducción de las concentraciones de los contaminantes PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, CO, NO_X, O_3, GEI, COV y las acciones comprometidas en el ProAire-GTO.

3.4 Características del ProAire-GTO 2021-2030

- Establece nuevas medidas a corto, mediano y largo plazo acordes a la situación actual que prevalece en cada municipio del estado, enfocadas a prevenir y revertir la tendencia del deterioro de la calidad del aire.
- Identifica y suma los compromisos de los diferentes sectores de la población y de la sociedad civil como actores clave que permitan contribuir al cumplimiento de los objetivos planteados.
- La cobertura del ProAire-GTO es estatal, esto implica la participación de los 46 municipios del estado, la participación transversal de dependencias estatales, así como la industria estatal y federal con mayores contribuciones en la emisión de contaminantes a la atmósfera (olores, contaminantes criterio).

[137] https://smaot.guanajuato.gob.mx/foam/

- Se enmarca en el "Convenio Marco de Coordinación", el cual es un instrumento jurídico que celebran el ejecutivo federal a través de la SEMARNAT y el Gobierno del estado de Guanajuato a través de la SAMA, donde se establecen las bases para elaborar e instrumentar el ProAire-GTO.
- Promueve la suscripción de convenios de colaboración adheridos al Convenio Marco de Coordinación, entre el Estado y el municipio o ente privado que desee implementar medidas y acciones alineadas a las estrategias estatales previstas en el ProAire-Gto. Los participantes podrán adherirse durante el periodo de vigencia del ProAire-GTO comprendido entre el 2021 al 2030.
- Cada ente participante (autoridades federales, estatales, municipales, industria, sociedad civil) adquiere compromisos específicos de acuerdo con la problemática de calidad del aire particular.
- Para un mejor entendimiento del proceso de seguimiento y evaluación de los compromisos establecidos por cada participante, el ProAire-GTO se clasificó en los siguientes Capítulos: Capítulo Municipios, Capítulo Estado, Capítulo Industria Estatal, Capítulo Industria Federal.
- La validación del proceso de evaluación y seguimiento será llevada a cabo por la Comisión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (COAIRE).
- Las medidas y acciones propuestas por cada ente participante tendrán un carácter dinámico, esto implica que su efectividad podrá ser evaluada y adecuada para el cumplimiento de los objetivos a nivel fin y propósito del ProAire-GTO.

3.5 Estrategias estatales

La definición de las estrategias estatales, mediante las cuales se enmarca el diseño de las medidas y acciones del ProAire-GTO, se sustenta en la Constitución Política de los Estados Unidos[138] en su artículo 4°, La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente[139], La Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato[140], Las Recomendaciones del Consejo de los Derecho Humanos sobre la Gestión de la Calidad del Aire de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)[57], los Objetivos del Desarrollo Sostenible[141], Acuerdos Nacionales[142], la Estrategia Nacional de Calidad del Aire[143], Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040, Programa de Gobierno del Estado de Guanajuato 2018-2024 y el Programa Sectorial de Desarrollo Ordenado y Sostenible del Estado de Guanajuato 2019-2024.



Figura 43: Alineación del ProAire del Estado de Guanajuato con instrumentos nacionales e internacionales.

[138] Constitución Política de los Estados Unidos, artículo 4°.

[139] La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, artículo 111.

[140] La Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato, en materia de Calidad del Aire.

[141] Agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

[142] Protocolo de Kioto, Protocolo de Montreal y el Acuerdo de París.

[143] Estrategia Nacional de Calidad del Aire, (ENCA) Visión 2017-2030.

Las estrategias que se enlistan a continuación están divididas de acuerdo con su campo de acción de manera específica, estratégicamente diseñadas para la reducción de emisiones, así como para el fortalecimiento y la administración y gestión de la calidad del aire. Es importante señalar que las medidas y acciones alineadas a las estrategias de reducción de emisiones por fuentes móviles, por fuentes de área y por la industria son las únicas que tienen impacto directo en la disminución de contaminantes involucrados. Las demás estrategias, aunque no tengan un impacto directo en la reducción de emisiones contaminantes, son relevantes, ya que son parte fundamental para el logro de los objetivos del ProAire.

Estrategia 1. Reducción de emisiones por fuentes móviles

Esta estrategia tiene la finalidad de reducir la emisión de contaminantes atmosféricos generados por las fuentes móviles, entre las que se incluyen las provenientes del transporte motorizado, ya sea público y privado, y de maquinaria; a la vez que se promueven alternativas integrales de transporte no motorizado, así como el fortalecimiento del Programa Estatal de Verificación Vehicular.

Estrategia 2. Reducción de emisiones por fuentes de área

En esta estrategia se propone la reducción de las emisiones de contaminantes de las fuentes de área, que incluyen a aquellos establecimientos que por su tamaño y número no se incluyen en las fuentes fijas, además de otras actividades que son susceptibles a emitir contaminantes, que si bien pueden ser difíciles de controlar, pueden abordarse a través de manejo forestal y agrícola sustentable, protección y restauración de ecosistemas y suelos degradados, prácticas sustentables en la industria de la construcción, entre otras opciones.

Estrategia 3. Reducción de emisiones de la industria

Las medidas de esta estrategia tienen la finalidad de reducir la emisión de contaminantes atmosféricos de las fuentes fijas, en la que se incluyen los asentamientos de tipo industrial. Esta estrategia busca encaminar a las fuentes fijas hacia el uso de combustibles más limpios, mejorar los procesos productivos y la implementación de tecnologías para el control de emisiones, dentro del marco de autorregulación, inspección y vigilancia.

Estrategia 4. Instrumentos y herramientas de investigación científica relacionadas con la calidad del aire

Con la investigación se proveen conocimientos, destrezas de discernimiento, el desarrollo de capacidades y lo más importante, los elementos para la toma de decisiones. Es por eso por lo que las medidas de esta estrategia se enfocan en consolidar los instrumentos de investigación científica y técnica que generan información sobre la calidad del aire para articularlos con las políticas y programas de gestión de la calidad del aire en el estado de Guanajuato.

Estrategia 5. Sociedad responsable y participativa

El objetivo de esta estrategia es incrementar la participación social y sensibilizar a la población en general sobre la reducción de la contaminación de aire, así como el impacto a la salud pública y riesgos en la salud de la población asociados a la calidad del aire. Por esto, las medidas de esta estrategia estarán enfocadas a la educación formal y no formal, comunicación y difusión de la información hacia la sociedad, con la visión de lograr modificar sus hábitos y actividades diarias con base en las condiciones de la calidad del aire.

Estrategia 6. Gestión integral de la calidad del aire y salud

La gestión de la calidad del aire debe ser atendida por diferentes sectores, organismos y órdenes de gobierno por lo que no deben seguir siendo atribución exclusiva de autoridades ambientales. Las medidas de esta estrategia están encaminadas al establecimiento de mecanismos de coordinación permanente y de gestión entre todas aquellas instituciones que inciden en la calidad del aire. Las medidas de esta estrategia se enfocan en alinear a instituciones de los tres órdenes de gobierno para que incorporen a sus agendas acciones que contribuyan a mejorar la calidad del aire y la salud de la población, impulsar la planeación integral del

territorio con un enfoque de sustentabilidad, promover acciones coordinadas para reducir emisiones de fuentes contaminantes y a fortalecer la coordinación entre los tres órdenes de gobierno.

Estrategia 7. Normatividad y trámites

En esta estrategia se enfocan las medidas tendientes a fortalecer los instrumentos jurídicos para articular las competencias y responsabilidades de las instituciones que participan en la gestión de la calidad del aire, así como de los procesos de tramitología y prestación de servicios. Las medidas se enfocan en promover la definición de atribuciones, responsabilidades y acciones que corresponden a instancias de los tres órdenes de gobierno, actualización y orientación de la normatividad en materia de calidad del aire, fortalecimiento de instituciones encargadas de gestionar la calidad del aire y en el desarrollo de capacidades en materia de capital humano certificado, presupuesto e indicadores de desempeño.

3.6 Capítulos ProAire

El ProAire-Gto, contempla una cobertura estatal, nuevos compromisos al nivel de exigencia de la normativa e integra una amplia participación de las autoridades de los tres órdenes de gobierno, el sector privado y la sociedad, que como ya se mencionó, a través de la celebración de convenios específicos, se incorporen los compromisos de acuerdo con las necesidades de cada ente, municipio y/o región. De esta forma, el ProAire-GTO de manera práctica se integra a través de los siguientes Capítulos:

Capítulo municipios

El ProAire-GTO en su Capítulo municipios, se plantea la participación de los 46 municipios del Estado con un ProAire diseñado de acuerdo con la problemática particular de cada uno. Se establecen medidas y acciones para la prevención, control y reducción de emisiones a la atmósfera originadas por establecimientos comerciales y de servicios municipales, la producción de ladrillo artesanal, la circulación de vehículos, por quemas a cielo abierto, por el uso de combustibles fósiles y pirotecnia, así como de material particulado provenientes de zonas descubiertas de cobertura vegetal, pavimento y obras de construcción. Así mismo se plantean acciones transversales como la instrumentación de programas de educación ambiental en materia de calidad del aire, reforestación y conservación de suelos, la implementación de estrategias que apoyen la gestión y el fortalecimiento institucional, la actualización de la normativa aplicable, el aumento de la cobertura vegetal municipal, el mejoramiento de sitios y recolección de residuos sólidos urbanos, así como de la identificación y suma de compromisos de los diferentes sectores y de los actores clave que permitan contribuir al cumplimiento de las metas establecidas en el ProAire-GTO.

Capítulo Estado

En el Capítulo Estado, se plantean acciones en colaboración con el Ejecutivo Estatal cuya aportación resulta contundente para el cumplimiento de los objetivos definidos en el ProAire-GTO. Las medidas y acciones definidas están encaminadas a reducir emisiones de fuentes móviles, del sector industrial y de la construcción de competencia estatal. Así mismo, se establecen acciones de fortalecimiento de la gestión integral de la calidad del aire y de los residuos sólidos, mecanismos que contribuyen a la justicia ambiental, la coordinación institucional y participación ciudadana, así como el fortalecimiento de los mecanismos de coordinación en materia de aire y salud.

Capítulo Industria Estatal

Este Capítulo está enfocado a reducir emisiones a la atmósfera de las fuentes fijas de competencia estatal a tres niveles de medidas:

1. Reducción de emisiones a la atmósfera que generan olores por los procesos productivos.
2. Reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos específicos en procesos productivos.
3. Implementación de programas de sustentabilidad ambiental en coordinación con los diferentes órdenes de gobierno y población.

Capítulo Industria Federal

Se integra la participación de empresas productivas del estado de los giros: petroquímica, generación de energía, automotriz, químico, fundición y otras más asentadas en los municipios del corredor industrial, con base a su aportación de contaminantes.

3.7 Diseño de las medidas y acciones

La metodología utilizada para el desarrollo de las medidas y acciones fue la de Marco Lógico (MML) y la herramienta de Matriz de Indicadores de Resultados (MIR), Semarnat 2022. Para el diseño de las medidas y acciones se tomaron en cuenta las siguientes etapas:

1. Diagnóstico de calidad del aire: Etapa en donde se definió la principal problemática de la situación actual asociada a la calidad del aire en el estado de Guanajuato y de manera particular la aportación por cada ente participante.
2. Diseño de medidas y acciones: El diagnóstico de la situación actual y una serie de procesos participativos, como son las mesas de trabajo y sesiones virtuales, con municipios y empresas estatales, permitieron diseñar las medidas y acciones, teniendo como objetivo reducir emisiones de las fuentes generadoras a la atmósfera de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero, así como proteger la salud de la población. Los temas generales, que se identificaron en su diseño, se muestran a continuación:

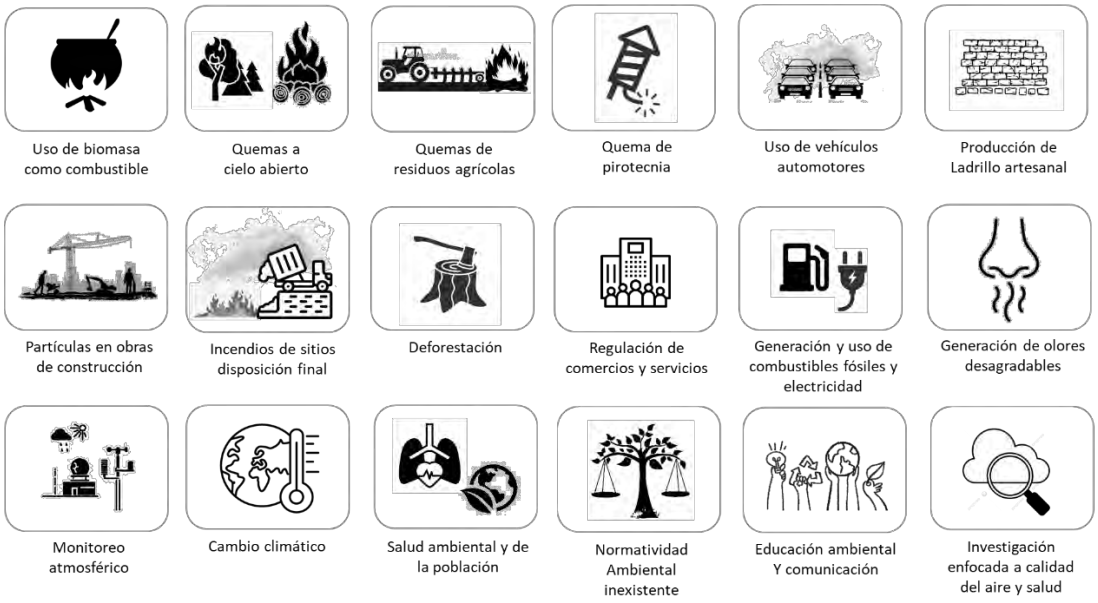


Figura 44. Temas generales identificados en el diseño de medidas y acciones del ProAire-GTO.

Para el arranque del ProAire-GTO, los municipios que desarrollaron sus medidas y acciones en el Capítulo Municipios fueron Celaya, Irapuato, León, Purísima del Rincón, Salamanca, San Francisco del Rincón y Silao. En el Capítulo Industria Estatal se contó con la participación de las empresas Bachoco, Sensient Flavors y Coprice ubicadas en el municipio de Celaya atendiendo la problemática de generación de olores en sus procesos productivos. Cabe mencionar que a lo largo de la temporalidad del ProAire-GTO, se integrarán más participantes, en cada Capítulo, pudiendo ser, municipios, industria estatal y federal, así como dependencias estatales.



Figura 45. Mesas de trabajo, Capítulo Municipios e Industria Estatal.

3. Implementación de las medidas y acciones: Básicamente se centrará en la ejecución de las medidas y acciones, desarrolladas por cada participante, como un proceso continuo hasta el final de la temporalidad del ProAire-GTO.
4. Seguimiento del ProAire-GTO: Proceso anual que se realizará a través de grupos específicos de trabajo por Capítulo, con el fin de identificar áreas de oportunidad, será validado por la COAIRE.
5. Evaluación del ProAire-GTO: Es un proceso en que se evaluará anualmente el cumplimiento de las metas planteadas, la COAIRE será la encargada de validar los resultados.



Figura 46. Etapas para el desarrollo del ProAire-GTO, Semarnat 2022. [144]

La metodología utilizada para el desarrollo de las medidas y acciones fue la de Marco Lógico (MML) y la herramienta de Matriz de Indicadores de Resultados (MIR), Semarnat 2022.

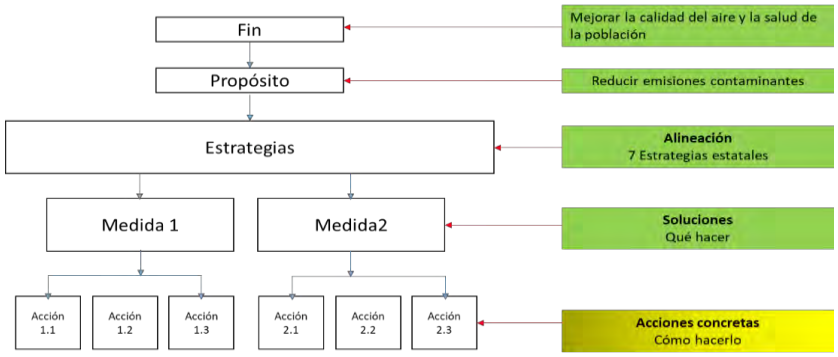


Figura 47. Metodología Marco Lógico (MML).
Fuente: (SEMARNAT, 2022)[145].

[144] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Tercera edición.

[145] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Tercera edición.

El 5 de junio de 2019, el estado de Guanajuato creó un modelo de gobernanza para la evaluación y el seguimiento del ProAire-GTO, la "Comisión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato" (COAIRE), con la participación de 12 dependencias del nivel federal, estatal y municipal y 3 representantes de la sociedad civil. El propósito de la COAIRE es proponer, dar seguimiento y evaluar las políticas públicas y programas de calidad del aire que se formulen desde el interior de esta instancia o aquellas ya existentes; en el caso particular del ProAire-GTO una de sus atribuciones es validar el seguimiento y evaluación anual de las medidas y acciones de cada uno de los participantes. Para este proceso, se conformarán Grupos específicos de trabajo por capítulo con el objetivo de identificar avances, resultados y áreas de oportunidad durante el proceso, pudiendo realizar las adecuaciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos del ProAire-GTO.

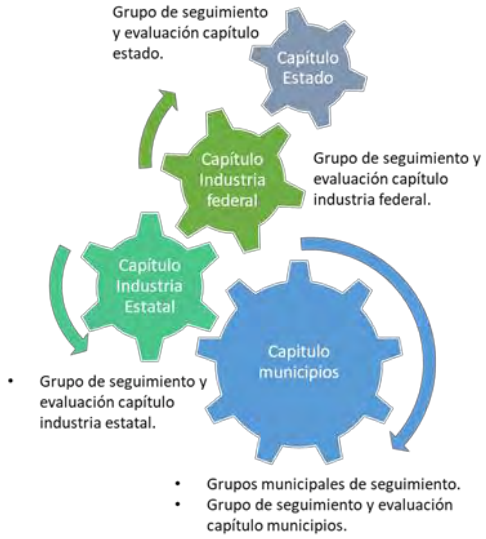


Figura 48. Grupos de Seguimiento y Evaluación por capítulo del ProAire-GTO 2021-2030.

Principales acciones que realiza la Coaire[146]:

- Validar el seguimiento y la evaluación del ProAire-GTO.
- Proponer a la Federación, el Estado y los municipios la integración de políticas públicas y programas en materia de calidad del aire.
- Definir y crear los grupos de trabajo, para el cumplimiento de las políticas públicas y en los programas de calidad del aire.
- Aprobar la metodología para el seguimiento de los programas en materia de calidad del aire.
- Evaluar, fortalecer y orientar los objetivos, metas y acciones de conformidad con los resultados obtenidos.
- Evaluar y difundir los informes de resultados de los programas de calidad del aire en el estado de Guanajuato.
- Emitir las observaciones y recomendaciones necesarias relacionadas con la instrumentación de los programas de calidad del aire.
- Aprobar y evaluar los programas de educación y concientización ambiental y de difusión de información.
- Promover la integración de las políticas públicas transversales locales y regionales. Conforme a los programas de calidad del aire.
- Analizar, deliberar, acordar y dar seguimiento a las políticas públicas y programas de calidad del aire.

[146]Periódico oficial del Estado de Guanajuato. Decreto Gubernativo número 27. 2019. Comisión para el Mejoramiento del Calidad del Aire del Estado de Guanajuato.

- Aprobar el programa anual de trabajo, el informe anual de actividades y el calendario anual de sesiones.
- Aprobar el proyecto de Reglamento Interior.
- Remitir al Poder Ejecutivo del Estado el proyecto de Reglamento Interior aprobado, para su expedición y publicación en el Periódico Oficial del Gobierno del estado de Guanajuato.
- Identificar, definir y coordinar la realización de las acciones que se requieran para el cumplimiento de las políticas públicas y los programas de calidad del aire.
- Remitir a las dependencias y entidades correspondientes, las políticas públicas y estrategias en materia de calidad del aire que puedan incluirse en sus programas y acciones sectoriales.
- Las demás que le señalen el Decreto, el Reglamento Interior y demás disposiciones jurídicas aplicables.

4. Referencias

- INEGI. (2019). Resultados definitivos. Año censal 2018.
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2017.
- INEGI. (2020). Mortalidad 2019.
- SMN. (2016). Clima.
- INEGI. 2020. Presentación de resultados Guanajuato.
- OMS. (2016). Informe sobre Reducción de los riesgos sanitarios mundiales mediante la mitigación de los efectos de los contaminantes climáticos de vida corta.
- OMS. (2016). "Calidad del aire ambiente (exterior) y salud", Centro de prensa de la Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.
- ONU. (2015). Objetivos del Desarrollo Sustentable de la Agenda 2030, Agenda 2030.
- SEMARNAT. (2016). Estrategia Nacional de Calidad del Aire, versión 2017-2030.
- CNDH. (2018). Recomendación general no. 32/2018 sobre las violaciones a los derechos humanos a la salud, un nivel de vida adecuado, medio ambiente sano, e información pública ocasionadas por la contaminación atmosférica urbana.
- Secretaría de Finanzas Inversión y Administración (SFIyA). (2020). Elaboración propia con información para automóviles para uso de transporte particular, autobuses urbanos, camiones comerciales ligeros, camión de distancia corta/una sola unidad, camiones con combinación.
- Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT). (2019). Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad de Recursos Naturales de Guanajuato (SEBIO).
- SMAOT. 2006. Informe de Resultados del Programa para Mejorar la Calidad del Aire Salamanca 2003-2006.
- SMAOT. 2012. Cuarto Informe de Resultados del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012.
- Universidad de Guanajuato (UG). Centro de Ciencias Atmosféricas y Observatorio Meteorológico Guanajuato con datos de las estaciones meteorológicas.
- Subsistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA) de la SMAOT. (2020). Históricos de calidad del aire.
- SMAOT. (2017). Sistema de Información de Contaminantes y Gases de Efecto Invernadero.
- SEMARNAT. (2022). Guía para la elaboración de los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Tercera edición.
- ONU. (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4°. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (2018). Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (2019). Programa de Gobierno del Estado de Guanajuato 2018-2024.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (2020). Programa Sectorial de Desarrollo Ordenado y Sostenible del Estado de Guanajuato 2019-2024.
- Periódico Oficial del Estado de Guanajuato. (2015). Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca, Guanajuato.
- Periódico Oficial del Estado de Guanajuato. (2016). Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de León, Guanajuato.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2019). Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030.
- Christopher G. Nolte et al. 2018. Los efectos potenciales del cambio climático en la calidad del aire en los EE. UU. continentales en 2030 bajo tres vías de concentración representativas.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2019). Informe Nacional de Calidad del Aire.

- SMAOT. (2020) El impacto del cambio climático en la calidad del aire de la ZMVM. ProAire ZMVM 2021-2030.
- Arlene M. Fiore. (2015). Conexiones entre la calidad del aire y el clima.
- Periódico Oficial del Estado de Guanajuato. (2021). Informe Ambiental del Estado de Guanajuato.
- SMAOT. (2019). Reglamento Interior de la, Decreto Gubernativo número 9.
- SMAOT. 2021. Actualización del Diagnóstico Climatológico del Estado de Guanajuato.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia y la Organización Panamericana de la Salud. (2012). Lineamientos para la vigilancia Sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas.
- Jacho MA. (2010). Recomendaciones Prácticas para Reducir el Impacto Ambiental en Granjas Porcinas. La Gestión de los Gases. Barcelona.
- O'connor AM, Auvermann B, Bicket-Weddle D, Kirkhorn S, Sargeant JM, Ramírez A, et al. (2010). The Association Between Proximity to Animal Feeding Operations and Community Health: A Systematic Review. Iowa: PubMed.
- Metcalf & Eddy Inc. (1998). Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3rd ed.: Mc Graw Hill.
- Morgan JM, Revah S, Noyola A. (2002). Malos Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: Su Control a través de Procesos Biotecnológicos. México D.F.: Coordinación de Bioprocesos Ambientales, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Hamoda M. (2006). Air Pollutants Emissions from Waste Treatment and Disposal Facilities. Department of Environmental Technology Management CfWKU, editor. Kuwait: Journal of Environmental Science and Health Part A, 41:77–85.
- Comisión de Medio Ambiente. (2005). Recomendaciones IUE para el Control de Olores en la Industria de Curtidos. Cape Town Soth África: International Union of Leather Technologists & Chemists Societies.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (1999). Región Metropolitana. Guia para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. Curtiembres. Santiago de Chile.
- Korgi A, Kato E, Acevey WV, Aguilar B, Rivera A. (2006). Manual de Buenas Prácticas Ambientales para la Curtiembre en Centroamérica. México D.F.: Convenio USAID - USEPA – CCAD.
- Ainia. Instituto Técnico Agroalimentario. (2000). Mejores Técnicas Disponibles para la 110 Industria de Aprovechamiento de subproductos de Origen Animal. Madrid: AINIA.
- Herrera M. (2008). Aprovechamiento de los Subproductos o Residuos en la Industria Avícola para la Producción de Harinas de Origen Animal. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Revista VIRTUALPRO.
- Organización Mundial de la Salud. (1989). Indoor air quality: organic pollutants. Copenhagen: EURO Reports and Studies.
- Murguía W. (2006). Contaminación por Olores, un Nuevo Reto Ambiental. Monterrey: Revista Integratec – Quiminet.
- Ramírez M, Cantero D, Gómez JM. (2007). Viabilidad de un Proceso para la Eliminación Conjunta de H2S y NH3 Contenido en Efluentes Gaseosos. Cádiz: Universidad de Cádiz - Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnología del Medio Ambiente.
- Ministry of the Environment New Zeland. (2003). Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand Wellington, New Zealand: Air Quality Report.
- Canales P, Borquez B, VJ, Hoehn M. (2007). La Contaminación por Olores y su Regulación en la Legislación Nacional y Extranjera. España y Alemania. Santiago de Chile: 112 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Sánchez JI, Peña AA, Martínez JV, Valor I. (2008). Contaminación Ambiental por Olores. Fundamentos Básicos. Murcia: Calidad Ambiental.
- White MC, Berger-Frank SA, Middleton DC, Falk H. (2002). Asthma Occurrence - Community Concerns about Asthma and Air Toxics. Atlanta: Environmental Health Perspectives - PubMed – CDC.
- Maya JC, Ramírez F, Monroy O. (2008). Biodesulfuración del Petróleo Por Bacterias Sulfato y Tiosulfato Reductoras Aisladas de Pozos Petroleros. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana Itzapalapa, Departamento de Biotecnología.

- Guías de calidad del aire de la OMS, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Organización Mundial de la Salud. 2006.
- Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES). (2017). Reporte Técnico "Balance de Energía del Estado de Guanajuato".
- Secretaria de Infraestructura, Conectividad y Movilidad (SICOM). (2020). Datos viales de la Red de carretera.
- Arrue J.J. (2009). La dimensión humana de la movilidad como marco para el estudio del Centro histórico de Sincelejo.
- Guía para la elaboración de los programas de gestión para mejorar la calidad del aire (ProAire). SEMARNAT. Tercera edición 2022.
- Informe sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible (A/HRC/40/55) (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2019).
- Informe del Sistema de Análisis para la Vigilancia Epidemiológica ante la Contaminación Ambiental 2003-2016. Informe 2016 del Sistema de Análisis para la Vigilancia Epidemiológica ante la Contaminación Ambiental.
- Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del Estado de Guanajuato (IPLANEG). Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial, PEDUOET 2040.
- Periódico oficial del Estado de Guanajuato. Decreto Gubernativo número 27. 2019. Comisión para el Mejoramiento del Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (COAIRE).
- Guías de Calidad del Aire, Actualización Mundial 2005 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, SO_2 y CO.
- Guías de Calidad del Aire, Actualización Mundial 2021 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, SO_2 y CO.

Páginas electrónicas consultadas

https://www.inegi.org.mx/temas/mortalidad/.

https://smn.cna.gob.mx/es/smn/glosario.

https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/ind35/indicadores/260

http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/.

https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s.

https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/monitoreo/.

https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/historicos/.

https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/emisiones/.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/195809/Estrategia_Nacional_Calidad_del_Aire.pdf.

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm.

http://plangto2040.iplaneg.net/wp-content/uploads/2019/01/PED2040_Sintesis_V2.5_version_Periodico_Oficial.pdf.

https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2019_GOBIERNO_GTO_Programa_gobierno_2018-2024.pdf.

https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2020_SICOM_Programa_sectorial_desarrollo_ordenado_sostenible_2019%20-%202024.pdf.

https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050.

https://acp.copernicus.org/articles/18/15471/2018/acp-18-15471-2018-discussion.html.

https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2019.pdf.

http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire2021-2030/pdf/CapitulosVersionCompleta-ProAireZMVM2021-2030/ProAireZMVM2021-2030-Capitulo4.pdf.

https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10962247.2015.1040526.

https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2021_SMAOT_Informe_ambiental_estado_guanajuato_2020_20210324.pdf.

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=D5A23AA5E53C637F09B27615C4D5AC14?sequence=1.

https://www.gob.mx/se/articulos/guanajuato-y-sus-principales-sectores-productivos-y-estrategicos#:~:text=Entre%20las%20principales%20actividades%20productivas,de%20bienes%20muebles%20e%20intangibles.

https://finanzas.guanajuato.gob.mx/c_padrones/index.php

https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20representa,agudas%2C%20entre%20ellas%20el%20asma.

https://www.oecd.org/environment/air-pollution/.

https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-mundo-entero-debe-unirse-para-combatir-la-contaminacion.

Glosario

Año base. Año de referencia para calcular los elementos necesarios y conocer la cantidad de emisiones generadas.

Calidad del aire. Análisis de los distintos elementos presentes en el aire con el fin de determinar la idoneidad de sus concentraciones sin causar daños a los organismos o materiales.

Cédula de Operación Anual (COA). Instrumento de reporte y de recopilación de información de emisiones y transferencias de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, mediante el cual las fuentes fijas de jurisdicción estatal reportan anualmente al Instituto de Ecología del Estado, la información sobre sus procesos, para control y actualización de la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Concentración. Magnitud que expresa la cantidad de una sustancia por unidad de volumen.

Contaminante atmosférico. Sustancia presente en el aire que en altas concentraciones puede causar daños a organismos o materiales.

Contaminación atmosférica. Alteración de la composición del aire por la presencia de contaminantes emitidos a la atmósfera, generados por las distintas actividades del hombre o por fenómenos naturales

Contaminantes criterio. Aquellos cuyos máximos permisibles han sido normados y estandarizados en base a criterios científicos para cuidar el bienestar y la salud humana.

Contaminantes de efecto invernadero. Son gases que atrapan el calor en la atmósfera, incluyen dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y hexafluoruro de azufre.

Contingencia Ambiental Atmosférica. Situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes cuando se presenta o se prevé con base en análisis objetivos o en el monitoreo de la

contaminación ambiental, una concentración de contaminantes o un riesgo ecológico derivado de actividades humanas o fenómenos naturales, que afectan la salud de la población o el ambiente, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.

Cuenca atmosférica. Parte de la atmósfera que se comporta de manera coherente con respecto a la dispersión de emisiones.

Emisión contaminante. Descargas directas o indirectas a la atmósfera de energía, de sustancias o materiales en cualquiera de sus estados físicos.

Factor de emisión. Relación observada entre la cantidad emitida de contaminante y energía consumida.

Fuentes de área. Representan a todas aquellas fuentes de emisión que son muy pequeñas, numerosas y dispersas, lo cual dificulta que puedan ser incluidas como fuentes puntuales.

Fuentes fijas. Toda instalación establecida en un lugar determinado, en forma permanente, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos de tipo industrial, artesanal, comercial y de servicios que generen o puedan generar, con motivo de su funcionamiento, emisiones contaminantes a la atmósfera.

Fuentes móviles. Cualquier vehículo que utiliza combustibles fósiles para su propulsión.

Fuentes móviles no carreteras. Incluyen todo el equipo automotor o portátil cuya operación en caminos públicos está prohibida. Como ejemplos de esta categoría está el equipo utilizado en actividades de construcción y agrícolas, aeronaves, locomotoras y embarcaciones marítimas comerciales.

Inventario de emisiones. Relación de cantidades de emisiones contaminantes de acuerdo con su fuente emisora.

Olores ofensivos. Son sustancias que, por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición, puede causar efectos desagradables y generar una respuesta y han sido clasificados como contaminantes "sin criterio" por la EPA.

Plantas de tratamiento de aguas residuales. Instalación que está equipada con la ingeniería para dar tratamiento al agua contaminada.

Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). base de datos nacional con información de sustancias contaminantes emitidas al aire, agua, suelo y subsuelo, o que son transferidas en el agua residual y/o en los residuos peligrosos.

Relleno Sanitario. Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales.

Sitio de disposición final. Lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva.

Vulnerabilidad atmosférica. Incidente con emisiones ostensibles a la atmósfera en el cual la salud de población queda expuesta o en peligro de ser afectada en corto o largo plazo y que, debido a su composición, duración y otras condiciones meteorológicas no se ven reflejadas en las estaciones de monitoreo y por consecuencia no son aplicables a ninguna de las fases de activación de las contingencias ambientales por PM_{10} o SO_2 contempladas en el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Ciudad de Salamanca y León.

Anexos

Fichas de medidas y acciones de Celaya

ESTRATEGIA . REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES MÓVILES

Medida 1. Programa Estatal de Verificación Vehicular fortalecido.

Objetivo: Incrementar el porcentaje de vehículos verificados en el municipio de Celaya.

Justificación: Se considera imprescindible la realización de acciones que ayuden a minimizar el impacto al ambiente ocasionado por las emisiones de los vehículos, encaminadas a la prevención, al control y a la vigilancia, para mejorar la Calidad del Aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costo Total Anual	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 1. Programa Estatal de Verificación Vehicular fortalecido.	Porcentaje de cumplimiento de Verificación vehicular	Ascendente	(% de vehículos verificados en primer semestre + % de vehículos verificados en segundo semestre) /2.	Dirección General de Medio Ambiente	42%	2019		44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%	51%	52%	Informe anual de avances del ProAire . El porcentaje incluirá el primer y segundo semestre	Falta de recursos económicos para difusión y para contratación de personal operativo Inseguridad Veda electoral Cambio de administración	Se debe considerar la dinámica del parque vehicular	$7,038,433	>90%	<80%
	Porcentaje de reducción de emisiones en fuentes móviles carretera (flota vehicular)	Descendente	((Emisiones de CO de fuentes de área/Emisiones de CO por fuentes de área en el año base)-1)*100	Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	27,634.01 ton	2017		-4%		-8%		-12%		-16%		-20%	Informe bianual de avances del ProAire con referencia del Inventario de emisiones año 2018.	Falta de recursos económicos para difusión y para contratación de personal operativo Inseguridad Veda electoral Cambio de administración	Año base de referencia según inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio 2017		>90%	<60%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
1.1 Realizar operativos para verificar el cumplimiento verificación vehicular.	Porcentaje de operativos realizados en función al numero de operativos programados	Ascendente	(Número de operativos realizados por año*100/(Número de operativos programados por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	100%	2019	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de operativos.	Se consideran supuestos de incumplimiento la inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 144 operativos	$2,679,980.00	>90%	<80%
1.2 Desarrollar programa de Difusión de la Verificación Vehicular en todas las Dependencias del Municipio de Celaya.	Programa desarrollado	Positivo	Si / No	Dirección General de Medio Ambiente	Si	2019	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual de acciones	Asignación de recursos, cambios de administración municipal, falta de personal en el área.	N/A	$135,605.20	Si	No
1.3 Impulsar el cumplimiento de la Verificación de vehículos oficiales.	Porcentaje de cumplimiento de los vehículos verificados oficiales respecto al padrón municipal.	Ascendente	(número de vehículos oficiales verificados por año/número de vehículos oficiales del padrón por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	95%	2019	95%	<95%	<95%	<95%	<95%	<95%	<95%	<95%	<95%	<95%	Informe anual de verificación vehicular (el porcentaje incluirá el primer y segundo semestre)	Se incremente el padrón vehicular propiedad del Municipio, condiciones mecánicas de los vehículos, falta de presupuesto para el pago de la	N/A	$570,624	>90%	<80%
1.4 Realizar Operativos de detección de vehículos ostensiblemente contaminantes, incluyendo motocicletas.	Porcentaje de operativos realizados	Ascendente	(Número de operativos realizados por año*100/Número de operativos programados por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	70%	2019	73%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de verificación vehicular	Falta de Normatividad y Facultad para emitir sanciones	Se buscara usar el artículo 112 de la LGEEPA, fracción VII. En materia de prevención y control de contaminación a atmosférica, de los Municipios, estableciendo los requisitos y procedimientos para regular las emisiones del transporte público, exceptuando las de competencia federal, y las medidas de tránsito, y en su caso, la suspensión de circulación, en casos graves de contaminación.	$570,624	>90%	<80%
1.5 Implementar programa de mantenimiento de la flota vehicular municipal oficial	Porcentaje de Vehículos Oficiales sometidos a mantenimiento preventivo del total del padrón vehicular municipal.	Ascendente	(Número de vehículos oficiales sometidos a mantenimiento por año*100) / (Padrón de vehículos oficiales en el año evaluado)	Coordinación de Control y Mantenimiento Vehicular	95%	2019	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informes anuales de la Oficialía mayor	Incremento de vehículos fuera de servicio o en compostura.	N/A	$3,081,600	>90%	<80%

ESTRATEGIA. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES MÓVILES

Medida 2. Acciones implementadas para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera originadas por las fuentes móviles.

Objetivo: Disminuir del uso del automóvil particular y generación, mediante la promoción de una movilidad Sustentable.

Justificación: El uso del automóvil es la actividad que registra mayor emisión de contaminantes criterio a la atmosfera, por lo que se considera necesario tomar medidas que nos conlleven a mejorar la calidad del aire a salud de los ciudadanos.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 2. Acciones implementadas para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera originadas por las fuentes móviles.	Reducir las emisiones de CO en el transporte publico respecto al año base	Descendente	((Emisiones de CO de fuentes de área/Emisiones de CO por fuentes de área en el año base)-1)*100	SMAOT	339.37 ton	2017		-3%		-5%			-7%			-10%	Informe anual	Cambios de administraciones municipales, falta de asignación de recursos económicos	Año base de referencia conforme al Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio 2017.	$16,078,638	>90%	<70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
2.1 Verificar el cumplimiento de las condiciones físico mecánicas y de seguridad para el usuario en unidades de transporte público, a fin de evitar la emisión de contaminantes a la atmosfera.	Porcentaje de cumplimiento de condiciones mecánicas de unidades de transporte en circulación por año.	Ascendente	(Número de unidades que cumplen en el año de evaluación por año *100)/ (número de unidades de trasporte público que operaron en el año de evaluación)	Dirección General de Movilidad y Transporte Público.	80%	2019	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Base de datos Dirección General de Movilidad y Transporte Público	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	N/A	$6,035,713	>90%	<80%
2.2 Cumplir con la verificación vehicular en el transporte publico	Porcentaje de cumplimiento a la verificación de las unidades de transporte público por año.	Ascendente	(Número de unidades que cumplen en el año de evaluación *100)/ (número de unidades que operaron en el año de evaluación)	Dirección General de Movilidad y Transporte Público.	86%	2021	71%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	Base de datos Dirección General de Movilidad y Transporte Público	Falta de asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Su ejecución se trabaja conjuntamente con Obras Públicas, IMIPE Dirección de Tránsito y Policía Vial, Dirección de Movilidad y Transporte	$2,459,949	>90%	<80%
2.3 Fortalecer la infraestructura de las ciclovías	Superficie construida y/o habilitadas de ciclovías	Ascendente	(kilómetros de ciclovías construidas y/o habilitadas por año/ km de ciclovías programadas por año) x 100	IMIPE	39.49 km	2019	47 km	48 km	49 km	50 km	51 km	52 km	53 km	54 km	55 km	56 km	Base de datos Dirección General de Movilidad y Transporte Público	Falta de asignación de recursos, cambios de administración municipal. Qué la proyección de 9 km anuales sea demasiado ambiciosa.	Su ejecución se trabaja conjuntamente con Obras Públicas, IMIPE Dirección de Tránsito y Policía Vial, Dirección de Movilidad y Transporte. Metas anuales: 47km (@2021; 48km (@2022, 49km (@2023, 50km(@2024, 51km(@2025, 52km(@2026, 53km(@2027; 54km(@2028, 55km(@2029, 56km(@2030.	$2,459,949	≥1	≤1
2.4 Renovar la flota de vehículos utilitarios oficiales a vehículos híbridos o eléctricos en dependencias centralizadas municipales.	Porcentaje del total de vehículos en la flota oficial remplazados por híbridos o eléctricos	Ascendente	(Numero de vehículos eléctricos o híbridos en la flota oficial por año * 100)/Numero total de vehículos en la flota oficial por año	Tesorería	1.37%	2019	2.05%		2.74%		4%		4.8%			5.5%	Informe de inventarios	Asignación de recursos, para la Promoción del programa, cambios de administración municipal.		$1,596,238	>90%	<80%
2.5 Renovar la flota vehicular oficial del área ambiental a vehículos híbridos o eléctricos, excluyendo los vehículos de carga	Porcentaje del total de vehículos en la flota de la DGMA remplazados por híbridos o eléctricos, excluyendo los vehículos de carga.	Ascendente	(Numero de vehículos eléctricos o híbridos en la dependencia por año *100) /Numero total de vehículos en la dependencia por año	Dirección General de Medio Ambiente	25.0%	2019	38%		50%		75%		88%			100%	Informe de inventarios	Asignación de recursos, para la Promoción del programa, cambios de administración municipal.	Se consideran siete vehículos, al excluir de la transición los vehículos de carga pesada, por falta de modelos híbridos que satisfagan la necesidad de estos.	$3,526,789	>90%	<80%

ESTRATEGIA.- REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 3.- Acciones implementadas para reducir las emisiones a la atmosfera de material particulado provenientes de zonas descubiertas de cobertura vegetal o pavimento

Objetivo: Mitigar las emisiones generadas por la erosion de suelos, caminos sin pavimentar a través de acciones de la conservacion reforestacion y pavimentacion

Justificación: En una proporcion importante de la zona urbana y conurbada de la region existen calles sin pavimentar por lo que el transito vehicular genera la suspension de polvos. Aunado a esto las áreas recreativas donadas a los municipios por los fraccionadores se entregan sin cubierta vegetal, convirtiendose en una fuente importante de generacion de tolvaneras, lo que genera la necesidad de realizar acciones especificas encaminadas a reducir las emisiones por estas fuentes. En la region existen grandes extensiones de suelos degradados, calcros y sin cubierta vegetal asi como terrenos agricolas abandonados. Ademas, actividades productivas como la explotacion de bancos de materiales, el pastoreo y la ganaderia semiestabulada han originado suelos

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Roja
Medida 3.- Acciones implementadas para reducir las emisiones a la atmósfera de material particulado provenientes de zonas descubiertas de cobertura vegetal o pavimento.	Porcentaje de superficie cubierta	Ascendente	(Superficie cubierta por año/ superficie cubierta programada por año) x 100	Direccion General de Medio Ambiente	0%	2022		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe del análisis de datos, obtenidos en el Censo Elaborado dentro del reporte de avances del ProAire	Cambios de administraciones municipales, falta de asignacion de recursos economicos	Meta anual 67.55 m2	$14,986,815	>90%	<80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Roja
3.1 Generar y actualizar mapa de zonas municipales con mayor impacto en generacion de particulas (campos deportivos y recreativos, camellones, caminos sin pavimentar, áreas de donacion etc.)	Mapa de zonas identificadas	Positivo	SI / NO	Direccion General de Medio Ambiente	No	2019		SI		SI		SI		SI		SI	Informe anual de zonas identificadas	Asignacion de recursos, cambios de administracion municipal	N/A	$183,202	SI	No
3.2 Orientar el programa de pavimentacion de vialidades sin pavimentar a zonas identificadas con mayor generacion de particulas	% de Superficie pavimentada	Ascendente	(Superficie pavimentada por año *100) / superficie por pavimentar a programada por año)	IMIPE	152,898.58 m2	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de avances en el PROAIRE	Falta de asignación de recursos por parte del Gobierno del Estado para el uso de la obra pública y mantto. al cambio de administración municipal, disolución de autoridades.	Se estima una proyeccion de 15 vialidades (1400 m2) por año, asi como dar una mayor inversion al mantenimiento de vialidades existentes	$11,000,000	>90%	<80%
3.3 Desarrollar condicionantes de control de emisiones y mitigacion de manera general en los permisos de construccion expedidos	Porcentaje de licencias de construccion expedidas con condicionantes de control de emisiones	Ascendente	(Número de licencias de construccion expedidas por año con condicionantes de control/ número total de licencias de construccion expedidas por año)*100	Direccion General de Desarrollo Urbano	0%	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de la Direccion General de Desarrollo Urbano	Falta de recursos humanos y tecnicos	N/A	$112,800	>90%	<80%
3.4 Implementar dentro de los presupuestos y catálogos de conceptos de contratacion de Obra Pública Municipal medidas de mitigaciones obligatorias y contempladas para la reduccion de la dispersion de particulas en obras públicas municipales (Riegos de áreas de trabajo en horarios alternados durante la obra, vegetacion y arboladó	Conceptos con medidas ambientales implementados	Positivo	SI / NO	IMIPE	No	2021		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Informe de su implementacion	Falta de recursos humanos y tecnicos	N/A	$820,872	SI	No
3.5 Desarrollar un programa de capacitacion a supervisores de obras públicas y peritos responsables de obras en materia de implementacion y cumplimiento de medidas de mitigacion durante la ejecucion de obras	% de cumplimiento de supervisores capacitados	Ascendente	(Número de supervisores capacitados por año/número de supervisores programados por año) x 100	Direccion General de Medio Ambiente	0	2020			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de la implementacion y número de proveedores capacitados	Falta de recursos humanos y tecnicos		$564,000	SI	No
3.6 Desarrollar censo dasonomico del arbolado urbano	Censo Elaborado	Positivo	SI / NO	Direccion General de Medio Ambiente	No	2019				SI			SI			SI	Análisis del censo	Asignacion de recursos, personal disponible para la actividad, adquisicion de equipos para la determinacion de parámetros	A partir del 2027 sería actualizacion del censo	$293,540	SI	No
3.7 Desarrollar la paleta vegetal	Número de plantas producidas	Ascendente	(número de plantas producidas al año *100) / Número de plantas programadas por año)	Direccion General de Medio Ambiente	10,000	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual del inventario de plantulas producidas	Asignacion de recursos, cambios de administracion municipal condiciones de clima	Se proyecta la produccion de 2500 plantas por año	$1,293,600	>90%	<80%
3.8 Reforestar las zonas municipales (parques, camellones, áreas verdes, unidades deportivas, unidades recreativas) con una mayor generacion de particulas ubicados en zona urbana	% de superficie reforestada	Ascendente	(Superficie reforestada por año/ superficie reforestada programada por año) x 100	Direccion General de Medio Ambiente	67.55 m2	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Asignacion de recursos, cambios de administracion municipal condiciones de clima	Meta anual 67.55 m2		>90%	<80%

ESTRATEGIA . REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 4. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto en lotes baldíos en el municipio de Celaya

Objetivo: Promover estrategias que permitan la reducción de emisiones provenientes de las quemas a cielo abierto en lotes baldíos.

Justificación: El municipio de Salamanca, tiene una fuerte actividad agrícola, lo que genera una gran cantidad de residuos por esta industria. Es recurrente ver en la región quemas a cielo abierto de estos residuos. Así mismo, las tradiciones urbanas y rurales como la quema de fogatas, viejitos (piñatas), cohetes, juegos pirotécnicos y basura en días festivos, han contribuido a la activación de la fase de Precontingencia atmosférica en la ciudad de Salamanca, así como al incumplimiento de la normatividad en materia de calidad del aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 4. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto en lotes baldíos en el municipio de Celaya.	Tasa de variación de eventos de quema en el municipio	Descendente	((eventos de quemas en año de evaluación x 100) / eventos de quema en línea base))-100	Dirección General de Medio Ambiente	3,032 eventos	2020	-20%	-22%	-24%	-26%	-28%	-30%	-32%	-34%	-36%	-38%	Base de datos de la Dirección General de Medio Ambiente	Asignación de recursos, cambios de administraciones municipales, No exista la actualización de la normatividad estatal y municipal en temas de lotes baldíos.	Para el cálculo del indicador se considerará la totalidad de la superficie de lotes baldíos con cubierta vegetal (pastizal).	$1,020,000	>90%	<80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Desarrollar y actualizar mapa de lotes baldíos con mayor incidencia de quemas a cielo abierto.	Mapa de lotes baldíos elaborado y actualizado	Positivo	Si / No	Dirección General de Medio Ambiente	No	2019		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	informe anual, Mapa en formato KMZ	Cambios de administración, Falta de asignación de recursos	N/A	120,000.00	Si	No
4.2 . Promover la limpieza de predios baldíos identificados con mayor incidencia de quemas y con posibilidad jurídica de ejecución.	Número de predios baldíos limpiados con posibilidad jurídica	Ascendente	(número de lotes limpiados en por año/número de lotes limpiados como meta final al 2030) x 100	Dirección de Servicios Municipales	306	2020		84%	86%	88%	90%	92%	94%	96%	98%	100%	Bitácoras de registro de la Dirección de Servicios Municipales , informe anual	Asignación de recursos, cambios de administración municipal, recorte de personal, cambios en la legislación.	En 2022 inician con 420 predios limpiados hasta la meta final al 2030 de 500 predios limpiados.	0.00	>90%	<80%
4.3 Dar atención y seguimiento a la totalidad de las denuncias por quema a cielo abierto ingresadas.	Porcentaje de multas aplicadas	Ascendente	(número de multas generadas por año/numero de denuncias por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	100%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de denuncias ingresadas y aplicadas.	Datos erróneos	NA	400,000.00	>90%	<80%
4.4 Implementar plan de atención a temporada invernal para mitigar altos niveles de partículas generados por la temporada.	% de cumplimiento de acciones implementadas	Ascendente	(Número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	100%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones	falta de interés, cambio de administración		500,000.00	>90%	<80%

ESTRATEGIA . REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 5. Regular los comercios y servicios municipales para minimizar las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Objetivo: Reducirlas emisiones generadas por las fuentes de área en la región, a través del fortalecimiento y actualización de los instrumentos de inspección y vigilancia municipales.

Justificación: Actualmente los procesos de inspección y vigilancia municipales en la región no son eficientes debido a que no se cuenta con la infraestructura suficiente para regular el 100% de las emisiones a la atmósfera generadas por los comercios y servicios. Aunado a lo anterior, es necesario implementar el RETC a nivel municipal.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 5. Regular los comercios y servicios municipales para minimizar las emisiones contaminantes a la atmósfera.	% de establecimientos vigentes (comercios y servicios) regulados en zona urbana	Ascendente	(número de establecimientos regulados por año en la zona urbana/número de establecimientos programados como meta en el año 2030) x 100)	Dirección General de Medio Ambiente	33	2021		35%	43%	51%	59%	67%	76%	84%	92%	100%	Informe anual de actividades de URCA	Falta de seguimiento por cambios de administración municipal, falta de personal operativo y administrativo, Falta de acceso a tecnología y sistemas de información	El número es establecimientos programados por año es de 10, para un total en 2030 de 123 establecimientos regulados.	$2,293,600	90%	80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Actualizar el padrón de comercios y servicios.	Base de datos actualizada	Positivo	SI / NO	Dirección General de Medio Ambiente	SI	2019	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Publicación del padrón actualizado	Falta de seguimiento por cambios de administración municipal, falta de personal en el área	N/A	$112,800	Si	No
5.2 Regular establecimientos de asados al carbón mediante operativos de empadronamiento para la obtención de los permisos correspondientes	% de establecimientos con giro de asado al carbón regulados en el año de estudio	Ascendente	(Número de establecimientos de asado al carbón regulados/número de establecimientos programados como meta al 2030) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	0%	2019		11%	22%	33%	44%	56%	67%	78%	89%	100%	Informe anual de actividades	Falta de recursos humanos y materiales	Se programa regular dos establecimientos por año, para un total de 18 regulados al 2030	$940,800	90%	80%
5.3 Participar con la propuesta de desarrollado smaot de programas energías limpias para la reducción de emisiones en comercios y servicios en coordinación con Gobierno del Estado	Participación activa	Positivo	SI / NO	Dirección general de Medio Ambiente y Desarrollo Económico / SMAOT /Desarrollo Económico Sustentable del Estado	No	2019			Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Publicación de programas para la reducción de emisiones en comercios y servicios, evidencia fotográfica o minutas.	Falta de seguimiento por cambios de administración municipal, falta de asignación de recursos económicos y falta de personal	Esta acción depende sobretodo cuando las condiciones económicas se restablezcan de manera formal, un ejemplo es el emitido a Pandemia por COVID, además de la inversión que los propietarios deben ejecutar en sus establecimientos mismos que los arrastran (En cuanto a la adquisición de Calentadores Solares como uso de energía sustentable) a cual también dispone de incentivos y apoyo por parte del Gobierno Estatal, del Turismo y de Desarrollo Económico.	$1,240,000	Si	No

ESTRATEGIA. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 6. Implementar energías limpias en el Municipio de Celaya.

Objetivo: Promover el uso de energía y tecnologías limpias que permitan reducir emisiones adicionales en los sectores, comercial, de servicios, doméstico y público.

Justificación: Las emisiones contaminantes asociadas a la operación ordinaria en los diferentes sectores, de manera específica la generación intramuros de emisiones, depende de la cantidad de combustible utilizado, tecnología, mejoramiento de procesos y controles de calidad. Por ello resulta necesario promover el uso de tecnologías limpias y/o sustentables que contribuyan a la disminución de contaminantes a la atmosfera, además de preservar los ecosistemas al utilizar en menor cantidad los combustibles fósiles.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 6. Implementar energías limpias en el Municipio de Celaya.	Energías limpias implementadas en el municipio	Positivo	Si / No	Dirección General de Servicios Municipales	No	2019		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe de su implementación	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Las acciones programadas corresponden a la 6.1 y 6.2.	2,939,512.50	Si	No

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Instalar luminarias como seguimiento al Proyecto de Modernización del Alumbrado Público Municipal (Cambio de luminarias de bajo consumo de energía eléctrica).	Tasa de variación de luminarias instaladas respecto al año base.	Ascendente	(Número de luminarias instaladas por año)/(Número de luminarias programadas por año))*100	Dirección General de Servicios Municipales	10,706	2019	27%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte de operación del Programa de eficiencia energética	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Este proyecto inicio en el año 2018 al 2021 se instalaron 10,000 luminarias, las cuales forman parte de los resultados obtenidos de la administración actual, sin embargo el cambio de las 5000 luminarias restantes depende de la asignación de recursos de las siguientes administraciones	$2,375,303.50	>90%	<70%
6.2 Incorporar en autorizaciones ambientales a comercios y servicios condicionantes en función al uso de combustibles limpios y/o ahorro de energía.	Porcentaje de los comercios y servicios que usan combustibles limpios	Ascendente	(Número de comercios que usan combustibles limpios por año*100)/(Numero comercios que usan combustibles limpios programados por año)	Dirección General de Medio Ambiente	0%	2019			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de anual de actividades URCA	Cambios de administración, Falta de asignación de recursos	N/A	$564,209.00	>90%	<70%

ESTRATEGIA. SOCIEDAD RESPONSABLE Y PARTICIPATIVA

Medida 7. Programa de educación ambiental, difusión y comunicación implementado en Celaya en materia de calidad del aire y de salud ambiental.

Objetivo: Instrumentar un programa de educación de calidad del aire en las escuelas y centros de educación ambiental de la región que permita informar cada día a la comunidad educativa sobre la condición de la calidad del aire y sus debidas recomendaciones.

Justificación: Aun cuando la Secretaría de Educación Pública ha modificado la currícula y los materiales educativos relacionados con la educación ambiental a nivel básico, se debe de reforzar en los planteles educativos un programa de educación ambiental con una línea temática clara en el tema de la calidad del aire y contaminación atmosférica. Por lo anterior es necesario desarrollar programas permanentes de educación formal y no formal que nos permitan generar una cultura de conocimiento, acción, prevención y autoprotección ante las condiciones de la contaminación atmosférica.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 7. Programa de educación ambiental, difusión y comunicación implementado en Celaya en materia de calidad del aire y de salud ambiental.	% de personas beneficiadas	Ascendente	(número de personas beneficiadas por año / número de personas beneficiadas programadas por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	74.30%	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Programa anual de difusión y capacitación	Falta de asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Se plantea generar un Programa de difusión al año. Meta 1,000 personas beneficiadas por año.	$1,530,799	>90%	<70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7.1 Desarrollar eventos de educación ambiental para la protección, preservación y conservación de áreas naturales protegidas municipales.	Eventos desarrollados	Positivo	Si / NO	Dirección General de Medio Ambiente	Si	2019		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Publicación de resultados del programa implementado en avance anual del PROAIRE	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Se espera la incidencia de 500 personas por año	$225,600	Si	No
7.2 Desarrollar foro de cambio climático y calidad del aire dirigido al sector educativo.	Foro desarrollado	Positivo	Si / NO	Dirección General de Medio Ambiente	Si	2019	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Publicación de resultados del programa implementado en avance anual del PROAIRE	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Se espera la incidencia de 300 personas por año	$676,800	Si	No
7.3 Desarrollar campañas de educación ambiental y difusión de la importancia de los ahorros energéticos en casa, industria y escuelas, así como temas de calidad del aire. (quemas forestales, agrícolas, salud, etc.).	% de acciones desarrolladas en la campaña	Ascendente	(Número de acciones realizadas/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	100%	2019	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte anual de Actividades Ambientales	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Se proyecta realizar una campaña de educación de los ahorros energéticos en casa, industria y escuelas por año	$270,100	>90%	<80%
7.4 Desarrollar eventos de Educación ambiental para el mejoramiento de la calidad del aire y salud ambiental en la "Casa de la Tierra".	Eventos desarrollados	Positivo	Si / NO	Dirección General de Medio Ambiente	665	2019	–	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Publicación de resultados del programa implementado en avance anual del PROAIRE	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	N/A	$358,299	Si	No

ESTRATEGIA. NORMATIVIDAD Y TRÁMITES

Medida 8. Actualizar y/o generar un esquema regulatorio en materia de calidad del aire.
Objetivo: Actualizar los instrumentos jurídicos que fortalezcan y de soporte a la gestión de las estrategias y políticas públicas aplicables en materia de calidad del aire.
Justificación:

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 8. Normativa reglamentaria municipal actualizada en materia de calidad del aire y emisiones a la atmósfera actualizada.	% de reglamentos actualizados	Ascendente	(número de reglamentos actualizados/ número de reglamentos programados)	Dirección General de Medio Ambiente	0%	2020			100%								Publicación del Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato.	Falta de recursos humanos en materia de desarrollo normativo.	Algunos de acciones se complementan según el campo de aplicación. Los reglamentos para actualizar son del definidos en las acciones 8.1 y 8.2.	$1,300,500	>90%	<80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Actualizar y aprobar la normativa en materia de regulación de contaminación atmosférica referente a comercios y servicios municipales, que incluyan los asados al carbón, para el desarrollo del RETC.	Reglamento aprobado y publicado de la DGMA	Positivo	SI/NO	H. AYUNTAMIENTO	No	2020			Si								Informe anual de la Dirección General de Sustentabilidad, Dirección Jurídica, Publicación del reglamento	Falta de recursos humanos y materiales	N/A	$568,500	Si	No
8.2 Revisar y actualizar el reglamento aplicable a la regulación para la mitigación de partículas PM10 y PM2.5 en la construcción pública y privada, así como la preservación de árboles en el desarrollo de obras de construcción.	Publicación de actualizaciones al Reglamento Aplicable	Positivo	SI/NO	DGMA	No	2020			Si								Oficinas de la Dirección General de Obras Públicas, publicación del reglamento	Cambio de administración	N/A	$732,000	Si	No

ESTRATEGIA. INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA RELACIONADAS CON CALIDAD DEL AIRE

Medida 9. Implementar estrategias que apoyen la gestión, investigación y el fortalecimiento Institucional en materia de calidad del aire en el municipio de Celaya
Objetivo: Contar con información científica y/o instrumentos de política publica que permitan la implementación de acciones preventivas de control de emisiones contaminantes al aire.
Justificación: Es necesario contar con herramientas que faciliten el comportamiento de los contaminantes y sus efectos nocivos a la salud, para ello se requieren diversas líneas de investigación a corto, mediano y largo plazo, así como la implementación de avances tecnológicos en materia de atmósfera.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 9. Implementar **estrategias que apoyen la gestión, investigación y el fortalecimien to Institucional en materia de calidad del aire en el municipio de Celaya**	% de estrategias implementadas	Ascendente	(número de estrategias implementadas por año/ número de estrategias programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	1	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte Anual de cumplimiento del ProAire	Falta de asignación de recursos	Meta anual: 2 estrategias.	$1,064,340	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
9.1 Actualizar el RETC municipal.	Documento del RETC actualizado	Positivo	SI/NO	Oficinas de la Dirección de Medio Ambiente y Dirección de Planeación.	Si	2019		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	RETC publicado	Poco seguimiento al programa.	N/A	140,200.00	Si	No
9.2 Convenio para la implementación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en el municipio de Celaya	Convenio firmado	Positivo	SI/NO	SMAOT	Si	2019		Si			Si			Si			Convenio firmado con el Estado	Existan modificaciones a los terminos del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas para el Estado de Guanajuato		542,640.00	Si	No
9.3 Actualizar inventario de emisiones de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero.	Inventario de emisiones GEI Actualizado	Positivo	SI/NO	Dirección General de Medio Ambiente	Si	2019			Si			Si			Si		Publicación trianual de la actualización del inventario	Recursos asignados para este tipo de programas	N/A	381,500.00	Si	No
9.4. Sistematizar las denuncias por olores fétidos reportados por la ciudadanía, ubicándolas en un sistema de información geográfica para su ubicación, rastreo y atención.	Creación y actualización del sistema de ubicación geográfica	Positivo	SI/NO	Dirección General de Medio Ambiente	No	2021		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Sistema o mapa de ubicación	Recursos asignados para este tipo de programas		Sin determinar	Si	No

ESTRATEGIA 10. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE OLORES

Medida 10. Implementar acciones para reducir los olores desagradables en el municipio de Celaya.

Objetivo: Disminuir los olores que se perciben por los servicios brindados en el municipio de Celaya, Gto.

Justificación: Las emisiones de olores asociadas en la operación de los servicios, dependen del proceso y equipo generado específico para cada actividad. Por esta razón es necesario gestionar la implementación y operación de equipos que contribuyan a la disminución de olores generados por estos servicios.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 10. Implementar acciones para reducir los olores desagradables en el municipio de Celaya.	% de reducción de denuncias por malos olores en el municipio de Celaya	Ascendente	((número de denuncias en año T/ total de denuncias del año base)-1) x 100	Dirección General de Servicios Municipales	30 reportes	2022				50%	70%	90%	100%	100%	100%	100%	Informe de las acciones	Falta de asignación de recursos; Incumplimiento del contratista; Inconformidad social que impida la construcción/falta de voluntades.	Los reportes son los que ingresan por cualquier medio a la Dirección General de medio Ambiente de Celaya	$ 14,463,854.60	Si	No
Datos a nivel acción							**Cronograma de alcance de metas a nivel medida**										**Información adicional a nivel acción**				**Semáforo de semaforización**	
Acciones	**Indicador**	**Sentido del indicador**	**Método de cálculo**	**Responsable de la acción**	**Línea base**	**Año base**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**Medios de verificación**	**Supuestos**	**Notas adicionales**	**Costos**	**Verde/Amarillo**	**Amarillo/Rojo**
10.1 Construcción y puesta en marcha de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Rastro Municipal de Celaya.	PTAR puesta en marcha	Positivo	SI/NO	JUMAPA	No	2022				SI							Acta de entrega recepción y evidencia fotografica	Falta de asignación de recursos; Incumplimiento del contratista; Inconformidad social que impida la construcción;	N/A	$ 12,982,790.60	Si	No
10.2 Operación continua de la Planta de Tratamiento de aguas residuales del Rastro municipal	Cumplimiento de condiciones particulares de descarga	Positivo	SI/NO	Servicios Municipales	No	2022				SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Informe de los Análisis realizados de cumplimiento	Falta de personal que opere la PTAR; falta de mantenimiento a los equipos; falta de energía electrica;	La Dirección de Servicios Municipales seria el responsable de la operación a partir de Octubre 2024	$ 1,481,064.00	Si	No
10.3 Desarrollo del diagnóstico de operación del horno incinerador den Centro del Control y Asitencia Animal para la implementación de mejoras en su funcionamiento	Diagnóstico desarrollado	Positivo	SI/NO	Dirección de Salud	No	2022			SI								Diagnóstico realizado que incluya alternativas de mejoras	Falta de disponibilidad, tiempo y voluntades		$ -	Si	No
10.4 Implementación de mejoras en el horno incinerador para mascotas, derivado del diagnóstico.	% de cumplimiento de las mejoras identificadas	Ascendente	(número de medidas realizadas/número de medidas identificadas) *100	Dirección de Salud	0%	2022				100%							Evaluación técnica del proveedor	Falta de presupuesto y disponibilidad de insumos	Ejecución de medidas de mejora en el primer semestre del 2024	$ 270,000.00	90%	70%
10.5 Cumplimiento de la normatividad ambiental en materia de emisiones a la atmósfera del Centro de Control y Asistencia Animal.	Licencia de fuentes fijas	Positivo	SI/NO	Dirección de Salud	No	2022				SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Licencia de fuentes fijas	Incumplimiento en la normatividad ambiental, falta de dispositivos de control; incumplimiento a condicionantes	Obtener la licencia de fuentes fijas en el segundo semestre del 2024	Sin determinar	Si	No

Fichas de medidas y acciones de Irapuato

Estrategia: Reducción de emisiones por fuentes móviles

Medida 1. Programa Estatal de Verificación Vehicular fortalecido.

Objetivo: Cumplir con el Programa Estatal de Verificación Vehicular.

Justificación: Se considera establecer estrategias que permitan fortalecer el cumplimiento de la verificación vehicular como una medida que permita reducir las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes móviles.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 1. Fortalecer el Programa Estatal de verificación Vehicular.	Porcentaje de Verificación Vehicular	Ascendente	(% de verificación del 1er semestre + % de verificación del 2do semestre) / 2	SMAOT	47.62%	2021		47%		48%		49%		50%		51%	Informes bianuales	Aumento de flota vehicular Cambio de administración Falta de presupuesto.	Los datos serán tomados del registro de la SMAOT	$500,000.00	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
1.1 Desarrollar operativos para verificar el cumplimiento verificación vehicular.	% de operativos de operativos realizados por año.	Ascendente	(número de operativos realizados por año/número de operativos programados por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	66%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de operativos.	Inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 114 operativos	$100,000.00	90%	70%
1.2 Impulsar el cumplimiento de la Verificación de vehículos oficiales.	Porcentaje cumplimiento de los vehículos verificados oficiales respecto al padrón municipal.	Ascendente	(Número de vehículos verificados*100) / (Padrón vehicular municipal)	Oficialía mayor	90%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de verificación vehicular	Incremento del padrón vehicular, condiciones mecánicas de los vehículos, falta de presupuesto para el pago de la verificación vehicular, cambio de administración.	La meta del 100% es semestral	$200,000.00	90%	70%
1.3 Implementar programa de mantenimiento de la flota vehicular municipal oficial	Porcentaje de Vehículos Oficiales sometidos a mantenimiento preventivo del total del padrón vehicular municipal.	Ascendente	(Número de vehículos oficiales sometidos a mantenimiento*100) / (Padrón de vehículos oficiales en el año evaluado)	Oficialía mayor	90%	2020			100%			100%			100%		Informes anuales de la Oficialía mayor	Incremento de vehículos fuera de servicio o en compostura.		$200,000.00	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones por fuentes móviles

Medida 2. Reducir las emisiones generadas por el transporte público y privado.

Objetivo: Reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por todas las fuentes móviles que circulan en la región.

Justificación: Es necesario reducir las contribuciones que realizan los sectores de transporte público y privado a la suma de contaminantes del aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 2. Reducir emisiones generadas por el transporte publico y privado.	Tasa de variación de reducción de emisiones en fuentes móviles carretera (flota vehicular)	Descendente	((emisiones de CO en año T / emisiones totales del año base))-1) x 100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	27,519.66 ton	2017		-4%		-8%		-12%		-16%		-20%	Informe de avances del ProAire con datos del Inventario de emisiones año 2018.	Falta de recursos económicos Inseguridad Veda electoral Cambio de administración	El dato del año base se tomó del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio año base 2017	$700,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
2.1 Desarrollar términos de referencia para identificar alcances para el proyecto de transporte sustentable.	Términos de referencia desarrollados	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2021				Si							Informe términos de referencia			$150,000	Sí	No
2.2 Desarrollar proyecto de transporte sustentable.	Proyecto desarrollado	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2021				Sí							Informe, diagnóstico.			$300,000	Sí	No
	% de cumplimiento de acciones implementadas derivado del proyecto	Ascendente	(número de acciones realizadas/número total de acciones programadas)	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2021				50%		100%					Informe anual de acciones implementadas			No estimables	90%	70%
2.3 Renovar la flota vehicular oficial a vehículos híbridos o eléctricos.	% de vehículos de la flota vehicular oficial renovados a eléctricos o híbridos.	Ascendente	(flota vehicular renovada / total de flota vehicular oficial municipal) x 100	Oficialía Mayor	0%	2020				0.5%				1%		2%	Informe trianual de las renovaciones	Falta de recurso, cambio de administración.		No estimables	90%	70%
2.4 Construir red de ciclovías.	Porcentaje de km de ciclovías construidos	Ascendente	(número de kilómetros construidos por año/número de kilómetros programados por año) x 100	Dirección General de Movilidad y Transporte, Dirección General de Obras Públicas	0%	2020		100%	100%	100%		100%		100%		100%	Informe anual de obra	Falta de asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Metas: en 2022: 2 km; 2023: 4km; 2024: 6km; 2026: 8km; 2028: 10km y 2030: 15km.	$250,000	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones por fuentes de área

Medida 3. Quemas a cielo abierto en zonas urbanas y agrícolas reducidas.

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto en zona urbana y rural del municipio.

Justificación: Es necesario implementar acciones para reducir los eventos de quemas a cielo abierto en el municipio al ser una fuente significativa de contaminantes a la atmósfera.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 3. Reducir quemas a cielo abierto en zonas urbanas y agrícolas.	Tasa de variación de superficie anual quemada respecto al año base.	Descendente	((Superficie quemada en año T/ superficie total del año base)-1) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	70%	2021			-10%		-15%		-20%		-25%		Informe de avances del ProAire con datos del Inventario de emisiones.	Falta de asignación de recursos públicos	N/A	$1,000,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Identificar zonas con alta incidencia de quemas a cielo abierto en zona urbana y agrícola.	Mapa de identificación de sitios	Positivo	si / no	Dirección General de Sustentabilidad	Sí	2020			Sí			Sí			Sí		Informe anual, mapa en formato KMZ			$50,000.00	Sí	No
3.2 Gestionar limpieza de lotes baldíos identificados.	Porcentaje de lotes limpiados de acuerdo número de baldíos identificados	Ascendente	(Número de baldíos limpiados/número de baldíos identificados/ x100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2020			30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	Informe anual	Falta de recursos, falta de atención de particulares		No estimable	90%	70%
3.3 Desarrollar programa estatal de inspección y vigilancia de atención de quemas a cielo abierto	1. Programa desarrollado	Positivo	si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020			Sí								Programa aprobado			No aplica	Sí	No
	2. % de cumplimiento de las acciones implementadas en el programa	Ascendente	(número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2020			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones			$100,000.00	90%	70%
3.4 Crear un Programa de Estímulos a la labranza de conservación. (Municipal).	1. Programa desarrollado	Positivo	si / no	Dirección General de Desarrollo Rural	No	2020			Sí								Programa aprobado			$50,000.00	Sí	No
	2. % de cumplimiento de acciones implementadas por año	Ascendente	(número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 100	Dirección General de Desarrollo Rural	0%	2021			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones			$300,000.00	90%	70%
3.5 Desarrollar un programa de mantenimiento de tractores agrícolas	1. Programa desarrollado	Positivo	si / no	Dirección General de Desarrollo Rural	No	2020				Sí							Programa aprobado		Se realiza en coordinación con el Estado (SDAyR, SMAOT)	No aplica	Sí	No
	2. % de cumplimiento de acciones implementadas por año	Ascendente	(número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 100	Dirección General de Desarrollo Rural	0%	2021					100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones			No estimable	90%	70%
3.6 Desarrollar un programa para Identificar tecnologías para vigilancia de quemas de esquilmos en sector rural.	1. Programa desarrollado	Positivo	si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020			Sí								Programa aprobado			No Aplica	Sí	No
	2. % de cumplimiento de acciones implementadas por año	Ascendente	(número de acciones realizadas/número de acciones totales definidas en el programa) x 100	Dirección General de Desarrollo Rural	0%	2021			50%	100%							Informe anual			$100,000.00	90%	70%
3.7 Desarrollar Tecnologías para la vigilancia de quemas de esquilmos en el sector rural.	% de tecnologías implementadas	Ascendente	(número de tecnologías implementadas por año/ número de tecnologías programadas por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2021		100%	100%	100%							Informe anual			$100,000.00	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones por fuentes de área

Medida 4. Emisiones de partículas generadas en zonas urbanas reducidas.

Objetivo: Reducir las emisiones de partículas generadas en zonas urbanas del municipio de Irapuato.

Justificación: Es necesario establecer estrategias que permitan reducir las emisiones de partículas en la zona urbana al ser este un factor de menoscabo a la salud pública de la población

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 4. Reducir emisiones de partículas generadas en zonas urbanas.	Porcentaje de reducción en fuente	Descendente	((Emisiones de PM10 de fuentes de área/Emisiones de PM10 por fuentes de área en el año base)-1)*100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	116.08 ton	2017		-4%		-8%		-12%		-16%		-20%	Informe anual de cumplimiento de las acciones programadas por año.	Falta de asignación de recursos públicos	N/A	$470,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Desarrollary actualizar un inventario de caminos no pavimentados.	Inventario desarrollado y actualizado.	Positivo	Si / no	Dirección General de Obras Públicas	No	2022				Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual			No aplica	Si	No
4.2 Desarrollar programa de pavimentación o cobertura de caminos y vialidades identificados como de alta emisión de partículas.	Porcentaje de superficie cubierta/pavimentada	Ascendente	(número de superficie cubierta por año/número de superficie cubierta programada por año)x 100	Dirección General de Obras Públicas	0%	2022			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de obra con superficie cubierta m2	Insuficiencia presupuestal	Incrementar al 2030 en al menos 20km los caminos y vialidades identificados como de alta emisión de partículas.	No estimable	Si	No
4.3 Establecer programa de riegos rutinarios en áreas inidentificadas que generen mayor impacto en generación de partículas (caminos, vialidades, campos deportivos, camellones, etc.)	Programa de riegos en áreas con mayor impacto en generación de partículas desarrollado	Positivo	Si / no	Dirección General de Obras Públicas	Si	2021			Si			Si			Si		Informe anual de obra	Insuficiencia presupuestal	N/A	$50,000	Si	No
4.4 Implementar condicionantes de control de emisiones y mitigación de manera genérica en los permisos de construcción expedidos.	Condicionantes de control de emisiones en los permisos de construcción establecidas y/o incorporadas	Positivo	Si/no	Dirección General de Desarrollo Urbano.	0%	2020			Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual de las acciones implementadas			No aplica	Si	No
4.5 Desarrollar proyecto para implementar dentro de los presupuestos y catálogos de conceptos de contratación de Obra Pública Municipal las medidas de mitigaciones obligatorias y contempladas para la reducción de la dispersión de partículas en obras públicas municipales. (Riegos de áreas de trabajo en horarios alternados durante la obra, vegetación y arbolado).	1. Proyecto desarrollado	Positivo	Si/no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020			Si								Informe anual			No aplica	Si	no
	2. % de implementación de medidas en presupuestos y catálogos de conceptos de proyectos de contratación de Obra Pública Municipal.	Ascendente	(número de obras contratadas/número de medidas implementadas) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2020			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de medidas realizadas			No estimable	90%	70%
4.6 Implementar programa de capacitación a supervisores de obras públicas y peritos responsables de obras en materia de implementación y cumplimiento de medidas de mitigación durante la ejecución de obras.	% de cumplimiento de supervisores capacitados	Ascendente	(Número de supervisores capacitados por año/número de supervisores programados) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2020			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual		Meta anual: 5 supervisores por año	$100,000	90%	70%
4.7 Barrido mecánico y manual en los lugares con mayor confluencia de material de potencial dispersión realizado.	Realizar Barrido mecánico	Ascendente	Si / no	Dirección General de Servicios Públicos	0%	2020			Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual			No aplica	Si	No
4.8 Arborizar (cajetes en banquetas y camellones, islas y glorietas) para la plantación de árboles y vegetación que funcionen como barreras de partículas en las vialidades urbanizadas detectados como de alta emisión de partículas.	Porcentaje de especies plantadas por año	Positivo	(número de especies plantadas por año/número de especies plantadas programadas por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	100 especies	2021			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual		Meta anual 200 especies	$320,000	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones por fuentes de área

Medida 5. Estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción implementada en el municipio de Irapuato.

Objetivo: Promover la tecnificación del sector productivo artesanal de ladrillo rojo hacia el esquema de la estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción.

Justificación: Es necesario promover la tecnificación de la producción de ladrillo rojo hacia un esquema que reduzca emisiones en su producción y mejores prácticas que beneficien a los productores económica, social y saludablemente.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 5. Estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción implementada en el municipio de Irapuato.	% de cumplimiento de las acciones	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2021				30%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Presupuesto		No estimable	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Contar con un predio que cumpla con el PMDUOET, PEDUOET, permiso de uso de suelo, y con el documento que acredite la legal posesión del inmueble.	Predio acreditado	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020				Sí							Informe anual, permiso de uso de suelo			No estimable	Sí	No
5.2 Convenir con la autoridad ambiental Estatal la instrumentación de la Estrategia Industria Sustentable de Insumos de la Construcción	Convenio de coordinación	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad / SMAOT	No	2021			Sí								Informe anual,			No aplica	Si	No

Estrategia: Reducción de emisiones por fuentes de área

Medida 6. Establecimientos de comercios y servicios municipales regulados.

Objetivo: Promover la regulación ambiental de los establecimientos comerciales y de servicios de competencia municipal para el control de sus emisiones a la atmósfera.

Justificación: Es necesario contar con un sistema de control y monitoreo de las emisiones a la atmósfera generadas por los establecimientos comerciales y de servicios municipales.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 6. Establecimientos de comercios y servicios municipales regulados.	% de comercios y servicios regulados por año	Ascendente	(número de establecimientos regulados por año /Número de establecimientos totales identificados para regular por año) x	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2021			5%	10%		15%		20%		25%	Informe anual de acciones realizadas contra % de comercios regulados	Falta de asignación de recursos públicos para la ejecución de obra de urbanización publica municipal.	N/A	$300,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Elaboración y/o actualización del padrón de comercios y servicios donde se incluya asados al carbón	Padrón actualizado	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2021			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de la actualización			$150,000.00	Si	No
6.3 Implementar programa de Monitoreo para regulación de establecimientos comerciales con énfasis en la preparación de alimentos al carbón.	1. Programa actualizado	Positivo	1. Si /no	Dirección General de Sustentabilidad	Sí	2020			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual			No aplica	Si	No
	Porcentaje de comerciantes dedicados a la preparación de alimentos al carbón regulados	Ascendente	(Número de comerciantes regulados por año / Número total de comercios identificados para regular por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2020			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual		Meta anual: 5 establecimientos regulados	$150,000.00	90%	70%
6.4 Instrumentar el RETC municipal.	RETC publicado	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de su publicación			No aplica	Si	No

Estrategia: Sociedad responsable y participativa

Medida 7. Se comunica y se difunde Información sobre Calidad del Aire y salud ambiental

Objetivo: Comunicar a la población la información relativa al estado de la calidad del aire y los riesgos a la salud por dicha condición.

Justificación: Se requiere establecer canales de comunicación que difundan la información relativa al estado de la calidad del aire y los riesgos que ello implican a la salud de la población.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 7. Se comunica y se difunde Información sobre Calidad del Aire y salud ambiental	% de acciones programadas desarrolladas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones		Las acciones programadas corresponden a las acciones del 7.1 al 7.4		90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7.1 Desarrollar campaña anual de difusión en medios digitales sobre información de la calidad del aire y salud ambiental en el Municipio de Irapuato.	Campaña de difusión en medios digitales realizada	Positivo	Si /no	Dirección General de Sustentabilidad	Sí	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de la campaña	Falta de asignación de recursos públicos.		$20,000.00	Sí	No
7.2 Desarrollar programa de educación ambiental en materia de calidad del aire del Municipio de Irapuato.	% de acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	Sí	2020			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe, programa	Falta de asignación de recursos públicos.		$100,000.00	90%	70%
7.4 Firmar convenio Programa Regional de Contingencias Ambientales del estado de Guanajuato	Convenio firmado	Positivo	Si/no	Dirección General de Sustentabilidad	Sí	2020		Sí			Sí			Sí			Informe anual			No aplica	Sí	No

Estrategia: Normatividad y trámites

Medida 8. Normativa municipal actualizada en materia de Calidad del Aire y Emisiones a la Atmósfera

Objetivo: Contar con normatividad ambiental municipal apropiada para gestionar una adecuada calidad del aire para la población.

Justificación: Se requiere de instrumentación legal que de sustento legal a las acciones y políticas que implemente el municipio a favor de contar con una adecuada calidad del aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 8. Normativa municipal actualizada en materia de Calidad del Aire y Emisiones a la Atmósfera	% de cumplimiento de reglamentos actualizados	Ascendente	(número de reglamentos actualizados/número de reglamentos actualizados programados por año) x 100	Dirección General de Sustentabilidad	0	2018		100%	100%	100%				100%			Informe anual de las revisiones y actualizaciones	Falta de asignación de recursos públicos para la ejecución de obra de urbanización publica municipal.	N/A	$0	90%	<70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Actualizar y aprobar la normativa en materia de Regulación de establecimientos comerciales y de servicios, con énfasis en la preparación de alimentos al carbón y desarrollo de RETC.	Reglamento actualizado	Positivo	Si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020		Sí						Sí			Reglamento actualizado publicado			No aplica	Si	No
8.2 Revisar y actualizar las normativas municipales para impulsar comercialización de ladrillo artesanal.	Normativa actualizada	Positivo	Si /no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020			Sí					Sí			Reglamento actualizado publicado			No aplica	Si	No
8.3 Revisar y actualizar el reglamento aplicable a la regulación para la mitigación de partículas PM10 y PM2.5 en la construcción pública y privada, así como la preservación de árboles en el desarrollo de obras de construcción.	Reglamento aplicable actualizado	Positivo	si / no	Dirección General de Obra Pública	No	2020				Sí				Sí			Reglamento actualizado publicado			No aplica	Si	No
8.4 Revisar y actualizar del reglamento Tránsito y Movilidad en materia de verificación vehicular (tabulador de multas por falta de verificación, operativos municipales, y requisitos), con enfoque en calidad del aire.	Reglamento aplicable actualizado	Positivo	si / no	Dirección General de Tránsito y Vialidad	No	2020				Sí				Sí			Reglamento actualizado publicado			No aplica	Si	No
8.5 Revisar y actualizar del reglamento aplicable en materia de quemas a cielo abierto que fortalezca en procedimiento de denuncia, así como la regulación de pirotecnia en materia de calidad del aire.	Reglamento aplicable actualizado	Positivo	si / no	Dirección General de Sustentabilidad	No	2020				Sí				Sí			Reglamento actualizado publicado			No aplica	Si	No

Fichas de medidas y acciones de León

ESTRATEGIA: Reducción de emisiones por fuentes móviles.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 1. Implementar sistemas de movilidad ciclista en zona urbana de León.	% de cumplimiento viajes ciclistas programados	Ascendente	(número de viajes ciclistas realizados por año/número de viajes ciclistas programados por año) x100	Dirección General de Movilidad	130,000	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Ranking ciclo ciudades	Falta de seguimiento al programa o su cancelación así como presupuesto asignado	Meta: inicia en 2022 con 140,000 viajes con incrementos anuales de 10 mil viajes, hasta lograr la meta final al 2030 de 220,000 viajes.	$486,030	90%	70%
	% de cumplimiento de ciclovías construidas programadas	Ascendente	(kilómetros de ciclovías construidas por año/kilómetros de ciclovías construidas programadas por año) x100	Dirección General de Movilidad	216 km	2021		226 km	236 km	246 km	256 km	266 km	276 km	286 km	296 km	306 km	Reporte de actividades en Ranking ciclo ciudades	Cambio de administración, falta de personal o recurso	Meta: inicia en 2022 con 226 km con incrementos anuales de 10 km, hasta lograr la meta final al 2030 de 306 km.	$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
1.1 Fortalecer la infraestructura de bicicletas y bici estaciones mediante la ampliación de cobertura del Sistema de Bicicleta Pública (SBP).	% de superficie cubierta programada	Ascendente	(superficie cubierta por año/superficie programada cubierta por año) x 100	Dirección General de Movilidad	53 km lineales	2019		100%		100%		100%		100%		100%	Informe anual de acciones	Falta se seguimiento y presupuesto	Meta: incrementos anuales de 0.1 km lineales; inicia en 2022 con 0.1 km lineales, hasta lograr la meta final al 2030 de 0.5 km lineales.	$486,030	90%	70%
1.2 Mejoramiento de la infreestructura ciclista .	% de acciones realizadas	Ascendente	(acciones realizadas por año/acciones programadas por año) x100	Dirección General de Obra Publica	0%	2021	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte de actividades	Falta de presupuesto, cambio de administración.		sin calcular	90%	70%
1.3 Desarrollo del Programa "El Ranking Ciclo ciudades"	% de acciones realizadas derivadas del programa	Ascendente	(acciones realizadas por año/acciones programadas por año) x100	Dirección General de Movilidad	Si	2021		100%									Programa	Falta de seguimiento		$0	90%	70%
1.4 Promover el uso de transporte no motorizado a la población.	% de Acciones de promoción realizadas	Ascendente	(Cantidad de acciones realizadas por año/ cantidad de acciones programadas por año)	Dirección General de Movilidad, Dirección General de Medio Ambiente	100%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte de cumplimiento de las actividades realizadas por año	Falta de seguimiento	Implementación Ruta León	$1,465,591	90%	70%

ESTRATEGIA: Reducción de emisiones por fuentes móviles.

MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 2. Fortalecer el Programa Estatal de Verificación Vehicular.	Porcentaje de verificación vehicular	Ascendente	((% de vehículos verificados 1er. semestre) + (% de verificados 2do semestre)) / 2	Dirección General de Medio Ambiente	28%	2021		37%	40%	42%	45%	47%	49%	51%	53%	55%	Informe anual de acciones	Desinformación del programa, desinterés del ciudadano, casos extraordinarios (pandemia)		$3,136,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
2.1 Desarrollar operativos para verificar el cumplimiento verificación vehicular.	% de cumplimiento de operativos programados por año	Ascendente	((Número de operativos realizados por año)/(número de operativos programados por año)) x 100	Dirección General de Transito Municipal	100	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de verificación vehicular	Inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 144 operativos.	$100,000	90%	70%
2.2 Impulsar la Verificación de vehículos oficiales	Porcentaje de Vehículos Oficiales verificados por semestre.	Ascendente	(Número de vehículos verificados por semestre*100) / (vehículos registrados por semestre)	Dirección General de Medio Ambiente	50%	2020		90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	Informe anual de verificación vehicular	Algunas unidades se encuentran fuera de circulación o en reparación mecánica por lo cual en ocasiones los porcentajes pueden llegar a disminuir	No se tiene un costo estimado ya que para el ben funcionamiento en el motor de los vehículos varían las faltas mecánicas y costos	Costo no estimado	90%	70%
2.3 Reforzar el mantenimiento de la flota vehicular municipal	Porcentaje de Vehículos Oficiales sometidos a mantenimiento preventivo de los vehículos registrados.	Ascendente	(Número de vehículos oficiales sometidos a mantenimiento*100) / (Padrón de vehículos oficiales en el año evaluado)	Dirección General de Medio Ambiente	90%	2020			100%			100%			100%		Informes anuales	Incremento de vehículos fuera de servicio o en compostura.	El costo de las reparaciones varía dependiendo de las fallas por lo cual no se tiene un recurso aproximado	Costo no estimado	90%	70%
2.4 Establecer recorridos para identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes	% de recorridos establecidos	Ascendente	(número de recorridos realizados por año/número de recorridos programados por año) x100	Dirección General de Transito Municipal	0	2022		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de verificación vehicular	Falta de personal o recursos materiales para la implementación.	Meta anual: 40 operativos.	$336,000	90%	70%
2.5 Campañas de difusión del Programa en diferentes medios.	% de acciones realizadas	Positivo	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programados por año) x100	Dirección General de Medio Ambiente	5	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	informe de acciones realizadas	Falta de presupuesto para la difusión	Meta anual: 3 acciones.	$2,700,000	90%	70%

ESTRATEGIA: Reducción de emisiones por fuentes móviles.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicadores	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 3. Reducir las concentraciones de contaminantes a través de la gestión de la flota vehicular	Tasa de variación de reducción de emisiones en fuentes móviles carretera (flota vehicular)	Descendente	(Emisiones en año de evaluación de CO - Emisiones en año base de CO)/ Emisiones en año base de CO) x 100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	72,682.61 ton	2017				-4%		-5%		-6%		-7%	Informe de acciones y actividades	Limitantes de presupuesto para la realización de acciones, desaprobación del programa	Datos del año base del inventario de emisiones criterio 2017	$3,600,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador		Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Impulsar la renovación de la flota vehicular en el municipio a vehículos híbrido y/o eléctricos.	% de vehículos renovados por año	Ascendente	(número de vehículos renovados por año/número de vehículos programados por año) x100	Adquisiciones, Recursos Materiales	2	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Meta anual: 2 vehículos renovados.	Sin determinar	90%	70%
3.2 Renovar la flota vehicular oficial municipal de la Dirección de Medio Ambiente a vehículos amigables con el medio ambiente.	% de vehículos renovados por año	Ascendente	(número de vehículos renovados por año/número de vehículos programados por año) x100	Dirección General de Medio Ambiente	1	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de la adquisición por año	Asignación de recursos, cambios de administración municipal.	Meta anual: 1 vehículo renovado.	$3,600,000	90%	70%
3.3 Desarrollar medidas y acciones específicas que agilicen permanentemente la circulación de los vehículos en el sistema vial en el municipio.	% de acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Policía vial	Si	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte anual	Cambios en la administración		Sin determinar	90%	70%

ESTRATEGIA: Reducción de emisiones por fuentes de área.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 4. Implementar la estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción en el municipio de León	% de cumplimiento de las acciones	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección General de Medio Ambiente / SMAOT	0%	2021			30%	60%	100%						informe de acciones realizadas	Cambio de administración		$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Contar con un predio que cumpla con el PMDUOET, PEDUOET, permiso de uso de suelo, y con el documento que acredite la legal posesión del inmueble.	Predio acreditado	Positivo	Si / no	Secretaria del Ayuntamiento	No	2020				si							ubicación del predio	cambios de administración		Sin determinar	si	no
4.2 Convenir con el Estado la instrumentación de la Estrategia Industria Sustentable de Insumos de la Construcción	Convenio de coordinación	Positivo	Si / no	Dirección General de Medio Ambiente / SMAOT	No	2021			Si								convenio			Sin determinar	Si	No

ESTRATEGIA. Reducción de emisiones por fuentes de área.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 5. Regular emisiones de contaminantes de los comercios y servicios municipales.	Porcentaje del numero de comercios y servicios regulados de competencia municipal	Ascendente	(número de establecimientos regulados por año /número de establecimiento regulados por año con base en el padrón) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	3%	2020	5%	8%	11%	14%	17%	20%	23%	26%	29%	32%	Informe anual	Falta de personal o recursos materiales para la implementación, PANDEMIA, problematicas de baja de los comercios	Los propietarios pueden no tener interés	$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Actualizar padrón de comercios y servicios municipales.	Padrón de comercios y servicios actualizado por año	Positivo	Si/ no	Dirección General de Medio Ambiente	si	2021		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Base de datos de padrón de comercios y servicios	Desinterés de los negocios para regularse		N/A	Si	No
5.2 Incrementar el número de regulaciones de emisiones a la atmósfera de asados al carbón.	Porcentaje del numero de CDA y PAF	Ascendente	(numero de regulaciones por año/número de regulaciones programadas por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente / Economía / DU	120	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Desinterés de los negocios para regularse, falta de personal	Meta: Inicia en 2022 con 30 regulaciones con incrementos anuales de 15 regulaciones hasta lograr la meta al 2030 de 150 regulaciones)	N/A	90%	70%
5.3 Plan de inspección y vigilancia de comercios de preparación de alimentos al carbón.	% de inspecciones realizadas	Ascendente	(numero de inspecciones por año/número de inspecciones programadas por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente / Economía / DU	Si	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de las acciones realizadas por la Dirección General de Medio Ambiente	falta de recursos, poco interés		NA	Si	No
5.4 Instrumentar el RETC municipal.	RETC publicado	Positivo	Si / no	Dirección General de Medio Ambiente / Economía / DU	si	2021		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Publicación del RETC	falta de recursos, poco interés	NA	NA	Si	No
5.5 Implementar el programa reduce tu huella en servicios municipales.	Porcentaje de cumplimiento de las acciones programadas	Ascendente	(Numero de acciones realizadas/ acciones programadas anualmente)*100	Dirección General de Medio Ambiente	0%	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Falta de seguimiento al programa por cambios de administración		NA	90%	70%
5.6 Impulsar acciones para reducción de consumo energético en servicios públicos municipales.	Porcentaje de reducción de consumo energético por servicio público.	Descendente	((consumo del año actual/consumo del año anterior)-1)*100	Dirección General de Medio Ambiente	72,597.38 kwt	2022		-25%	-30%	-35%	-40%	-45%	-50%	-55%	-58%	-58%	Informe anual	Falta de mantenimiento a sistemas	El dato del año base corresponde al consumo de las oficinas de Presidencia Municipal del Leon, oficinas de Medio Ambiente, Direccion General de Medio Ambiente, y los Cercamos	NA	90%	70%

ESTRATEGIA. Reducción de emisiones por fuentes de área.

MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 6. Reducir emisiones generadas por quemas a cielo abierto en el municipio de León.	Tasa de variación de superficie anual quemada respecto al año base.	Descendente	((Superficie quemada en año T/ superficie total del año base))-1) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2022		-10%		-20%		-30%		-40%		-40%	Base de datos de la Dirección de Medio Ambiente	Asignación de recursos, cambios de administraciones municipales.		$7,600,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador		Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Cuantificar lotes baldíos con mayor incidencia de quemas a cielo abierto.	Mapa de lotes baldíos en zonas identificadas	Positivo	SI/NO	Dirección General de Medio Ambiente/SIAP	NO	2020		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Base de datos en formato KMZ, reporte anual	Cambios de administración.	N/A	N/A	Sí	No
6.2 Fomentar la limpieza de predios Baldíos identificados con mayor incidencia de quemas.	Porcentaje de predios baldíos limpiados, respecto al total de identificados en mapa	Ascendente	(Numero de predios baldíos limpiados*100)/(Numero de predios baldíos proyectados para limpiar)	Dirección de Servicios Municipales / Catastro	0%	2020		5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	Informe de anual de acciones			N/A	90%	70%
6.3 Desarrollar plan anual de inspección y vigilancia de quemas a cielo abierto y quemas agrícolas.	Porcentaje de inspecciones y vigilancia realizadas	Ascendente	(número de inspecciones realizadas por año/número de inspecciones programadas por año) x100	Dirección General de Medio ambiente- PC-Bomberos	si	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de inspecciones y vigilancia	Falta de cobertura por carencia de personal		N/A	si	no
6.4 Generar estadístico mensual de quemas a cielo abierto	Estadístico generado	Positivo	SI/NO	PC, Dirección General de Medio ambiente	si	2021		si	si	si	si	si	si	si	si	si	Base de datos e informe general de reportes	Falta de seguimiento		N/A	si	no
6.5 Impulsar la coordinación regional para mitigación de quemas a cielo abierto.	% de acciones programadas cumplidas	Ascendente	(número de acciones cumplidas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección General de Medio ambiente- PC-Bomberos-PAOT	si	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de la coordinación realizada	Falta de personal operativo para la atención de quemas		N/A	90%	70%
6.6 Desarrollar programa para la recolección de neumáticos, cascarros y desecho verde.	Programa anual de recolección de neumáticos desarrollado	Positivo	SI/NO	SIAP	SI	2021		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Reporte anual de actividades	Disminución de la participación		N/A	si	no

ESTRATEGIA. Reducción de emisiones por fuentes de área.

MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 7. Reducir emisiones de material particulado provenientes de diferentes fuentes en el municipio de León.	Porcentaje de atención a zonas identificadas desprovistas de vegetación	Ascendente	(Número de zonas atendidas*100)/(Total de zonas identificadas desprovistas de vegetación)	Dirección General de Medio Ambiente	0%	2022			10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	Informe general de acciones realizadas	Falta de recursos		$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador		Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	las adicional	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7.1 Generar mapa de zonas municipales con mayor impacto en generación de partículas (campos deportivos, camellones, caminos sin pavimentar, áreas de donación).	Mapa de zonas identificadas	Positivo	SI / NO	Dirección General de Medio Ambiente	No	2021		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Archivo en formato KMZ				Si	No
7.2 Impulsar la pavimentación de caminos sin pavimentar a zonas identificadas con mayor generación de partículas.	Porcentaje de pavimentación de caminos.	Ascendente	(superficie pavimentada por año/ superficie pavimentada programada por año)*100	Obras Públicas / FIDOC	100%	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual				90%	70%
7.3 Implementar programa anual de reforestación.	Porcentaje de árboles plantados	Ascendente	(número de árboles plantados por año/número de árboles plantados programados por año) x 100	Dirección General de Medio ambiente	si	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe Anual de la cantidad de especies plantadas y donadas en el municipio			N/A	90%	70%
7.4 Desarrollar acciones de mejoramiento e intervención en áreas verdes.	% de acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección General de Medio ambiente	si	2022		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de la cantidad de áreas verdes que se intervinieron así como superficie atendida y especies plantadas	Falta de disposición por parte de los establecimientos		N/A	90%	70%
7.5 Implementar sistemas de captación de agua pluvial.	% de sistemas implementados	Ascendente	(número de sistemas implementados por año/número de sistemas programadas por año) x 100	SAPAL	no	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de los sistemas implementados	No aprobación de actividades a realizar		sin estimar	90%	70%
7.6 Restaurar y conservar los recursos naturales en áreas naturales protegidas	% de zonas restauradas y/o conservadas	Ascendente	(número de zonas restauradas y/o conservadas por año/número de zonas y/o conservadas programadas por año) x 100	Dirección General de Medio ambiente	si	2022		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de las acciones realizadas considerando ubicaciones, superficie atendida y trabajos realizados	Falta de recurso y la poca participación de los ciudadanos		sin estimar	90%	70%

ESTRATEGIA. Gestión integral de la calidad del aire y salud.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 8. Fortalecer la red de monitoreo de calidad del aire mediante la implementación de nuevas tecnologías en coordinación con el Estado.	Porcentaje de tecnologías implementadas	Ascendente	(número de tecnologías implementadas por año/número de tecnologías programadas por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	1	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de acciones y actividades	Limitantes de presupuesto	Meta anual: 1 tecnología por año. Meta al 2023: 9 tecnologías implementadas.	$11,800,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Implementar la cuarta estación de monitoreo al SEICA y fortalecer su operación continuamente.	Estación instalada y operando	Positivo	Si / no	Dirección General de Medio Ambiente / SMAOT	0%	2021			Si								Informe anual	Desaprobación		$3,000,000	90%	70%
8.2 Identificar posibles colaboraciones con diferentes sectores de la sociedad interactuando con la red municipal de sensores	% de Colaboraciones	Ascendente	(número de colaboraciones realizadas por año/número de colaboraciones programadas por año) x100	Dirección General de Medio Ambiente	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual del las colaboraciones	Falta de presupuesto	Meta anual: 1 colaboración por año. Meta al 2023: 9 colaboraciones.	$2,500,000	90%	70%
8.3 Desarrollar proyectos de investigación y aplicación de acciones en beneficio de la calidad del aire.	% de proyectos	Ascendente	(número de proyectos realizados por año/número de proyectos programados por año) x100	Dirección General de Medio Ambiente	100%	2020		2	2	2	2	2	2	2	2	2	Ficha final de proyectos realizados	Falta de presupuesto	Meta anual: 2 Proyectos por año. Meta al 2023: 18 proyectos.	$6,300,000	90%	70%
8.4 Impulsar convenio firmado para la implementación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en el municipio de León	Convenio firmado	Positivo	SI/ND	Dirección General de Medio Ambiente	SI	2019		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Convenio firmado con el Estado	Existen modificaciones a los términos del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas para el Estado de Guanajuato.		$0	si	no
8.5 Desarrollar estrategia anual de comunicación de riesgos sanitarios sobre calidad del aire.	% de acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección General de Medio Ambiente	no	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	programa de acciones			$0	90%	70%
8.6 Actualizar el inventario de emisiones de contaminantes criterio municipal.	Inventario actualizado	Positivo	Si/no	Dirección General de Medio Ambiente	si	2021			si				si				Estudio realizado	Falta de presupuesto y seguimiento a la actualización		$1,500,000	si	no

ESTRATEGIA. Sociedad responsable y participativa.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 9. Desarrollar programa de educación ambiental en materia de calidad del aire.	Programa desarrollado en materia de calidad del aire	Positivo	Si / no	Dirección General de Medio Ambiente / SMAOT	0%	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Programa e Informe de Acciones implementadas por año	Disminución de personas informadas debido a las condiciones epidemiológicas		$2,850,000	Si	No

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
9.1 Implementar campaña de difusión y comunicación en materia de calidad del aire y salud ambiental.	Campaña realizada	Positivo	Si / no	Dirección General de Medio ambiente /SMAOT	Si	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual de actividades y alcances de la Campaña	Falta de presupuesto		$1,350,000	Si	No
9.2 Reforzar programa Distintivo Ambiental Sustentable	% de empresas que se integran al programa	Ascendente	(número de empresas que se integran al programa por año/número de empresas programadas por año) x 100	Dirección General de Medio ambiente	14	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de actividades	Desinterés por parte de las empresas	Meta anual: 15 empresas por año. Meta al 2023: 45 empresas.	$900,000	90%	70%
9.3 Continuar con Programa de Bandera Ecológica en escuelas	Puede ser porcentaje de escuelas que estén incorporadas al programa	Ascendente	(número de escuelas incorporadas al programa por año/número de escuelas programadas por año) x 100	Dirección General de Medio ambiente	Si	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		Condiciones epidemiológicas			90%	70%
9.4 Implementar festival de educación ambiental no formal en diferentes sectores de la población, alineado al programa estatal. (amigos del planeta)	Festival realizado	Ascendente	Si / no	Dirección General de Medio ambiente	0	2021		Si	Si	Si								Falta de seguimiento al programa, cambios de administración	Se tiene cero en 2021 ya que durante este año se trabajo en la propuesta del festival	$600,000	Si	No

ESTRATEGIA. Normatividad y trámites.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 10. Reforzar y actualizar las políticas municipales o reglamentos con el fin de mejorar el medio ambiente y prevenir riesgos a la salud	% de reglamentos modificados y/o reformados	Ascendente	(número de reglamentos modificados y/o reformados por año/ número de reglamentos programados por año) x 100	Dirección General de Medio Ambiente	2	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Ficha informativa de los artículos reformados	No aprobación de actualizaciones en reglamentos		$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Método de cálculo		Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
10.1 Revisar y actualizar normativa al Reglamento de Policía y Vialidad para el municipio de León en materia de verificación vehicular	Reglamento aprobado y publicado	Positivo	si /no	Dirección General de Medio ambiente / Dirección de Tránsito Municipal	si	2020		Si			Si				Si		Ficha informativa de las modificaciones, reglamento publicado	No aprobación de las propuestas de modificación		$0	si	no
10.2 Revisar y actualizar Reglamento del Sistema de Protección Civil de León en materia de medio ambiente (permisos de pirotecnia o control de la cantidad vendida)	Reglamento aprobado y publicado	Positivo	si /no	Dirección General de Protección Civil	si	2021					Si				Si		Ficha informativa de las modificaciones	No aprobación de modificaciones		$0	si	no
10.4 Normativa municipal en materia de Regulación de establecimientos comerciales de preparación de alimentos al carbón.	Normativa aprobada y publicada	Positivo	si / no	Dirección General de Medio ambiente	no	2021			si						Si		Ficha informativa de las modificaciones	Falta de disposición por parte de los establecimientos		$0	si	no
10.5 Actualizar el Programa de Contingencias ambientales atmosféricas de la ciudad de León	Programa actualizado y publicado	Positivo	si/no	Dirección General de Medio ambiente, SMAOT	no	2021		si	si	si	si	si	si	si	si	si	Programa publicado	Falta de seguimiento a las acciones establecidas en el programa		$0	si	no
10.6 Generar e instrumentar los PMDUOET en el municipio.	Programa publicado y publicado	Positivo	si/no	IMPLAN	si	2020		si	si	si	si	si	si	si	si	si	Programa publicado	Falta de seguimiento		$0	si	no

Fichas de medidas y acciones de Purísima del Rincón

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes móviles

Medida 1. Emisiones a la atmósfera generadas por las fuentes móviles reducidas.

Objetivo: Incrementar el porcentaje de vehículos verificados en el municipio de Purísima del Rincón.

Justificación: Se considera imprescindible la realización de acciones que ayuden a minimizar el impacto al ambiente ocasionado por las emisiones de los vehículos, encaminadas a la prevención, al control y a la vigilancia, y a la mejora de la Calidad del Aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 1. Emisiones a la atmósfera generadas por las fuentes móviles reducidas.	% de vehículos verificados por año	Ascendente	(% de verificación vehicular 1er semestre + % de verificación vehicular 2do semestre) / 2	Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	16%	2021		19%	21%	23%	25%	27%	29%	31%	33%	35%	Informe anual del cumplimiento de las acciones por año.	Aumento de flota vehicular Cambio de administración		$21,100,000	>90%	<70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
1.1 Implementar operativos para verificar el cumplimiento de la verificación vehicular.	Porcentaje de operativos realizados por año.	Ascendente	(Número de operativos realizados por año/número de operativos programados por año) x 100	Dirección de Seguridad Pública Tránsito y Transporte.	76	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de operativos.	Inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 98 operativos.	$400,000	>90%	<70%
1.2 Impulsar el cumplimiento de la Verificación de vehículos oficiales.	Porcentaje cumplimiento de los vehículos verificados oficiales respecto al padrón municipal.	Ascendente	(Número de vehículos verificados*100) / (Padrón vehicular municipal)	Dirección de Tesorería	32%	2019		50%	60%	70%	80%	90%	95%	95%	95%	95%	Informe anual de del cumplimiento	Incremento del padrón vehicular, condiciones mecánicas de los vehículos, cantidad de vehículos fuera de servicio en flota vehicular, falta de presupuesto para el pago de la verificación vehicular, cambio de administración.		$500,000	>90%	<70%
1.3 Desarrollar programa de mantenimiento de la flota vehicular municipal oficial	Porcentaje de Vehículos Oficiales sometidos a mantenimiento preventivo del total del padrón vehicular municipal.	Ascendente	(Número de vehículos oficiales sometidos a mantenimiento*100) / (Padrón de vehículos oficiales en el año evaluado)	Dirección de Seguridad Pública Tránsito y Transporte.	0%	2019		70%		75%		80%		85%		90%	Informes anuales del cumplimiento	Incremento de vehículos fuera de servicio o en compostura.		$200,000	>90%	<70%
1.4 Implementar programa de construcción de ciclovías.	% de ciclovías construidas	Ascendente	(kilómetros de ciclovías construida por año/kilómetros de ciclovías programadas por año) x 100	Dirección de Obras Públicas	33 km	2020		100%		100%		100%		100%		100%	Informe anual de cumplimiento	Retraso en los tiempo de construcción por causas naturales y/o falta de materia, equipamiento.	Meta por año programado: incrementos de 2 km respecto al año anterior (2022: 35km, 2024: 39km, 2026: 43km, 2028: 45 km y 2030: 48 km)	$20,000,000	>90%	<70%

Estrategia : Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 2. Emisiones de material particulado en zonas identificadas con mayor generación a la atmósfera, reducidas.

Objetivo: Reducir el porcentaje de emisiones de partículas de fuentes de área de Purísima del Rincón.

Justificación: Las emisiones de fuentes de área han ocasionado que se vean afectadas las concentraciones de partículas en el municipio, principalmente por los lotes baldíos y las calles sin pavimentar, por lo que es necesario que se establezcan estrategias para disminuirlas.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 2. Reducir emisiones de material particulado en zonas identificadas con mayor generación a la atmósfera.	Porcentaje de reducción en fuente	Descendente	((Emisiones de PM10 de fuentes de área/Emisiones de PM10 por fuentes de área en el año base) 1)*100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	0%	2018		-4%		-8%		-12%		-16%		-20%	Informe anual	Falta de recursos económicos, Veda electoral, Cambio de administración		$20,780,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
2.1 Identificar zonas (caminos sin pavimentar, predios, lotes baldíos, zonas agrícolas, campos deportivos y zonas en general) con mayor generación de material particulado (polvos), mediante la elaboración de censo.	Censo realizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Obras Públicas y Dirección de Predial y Catastro	No	2020		Sí			Sí			Sí			Informe de resultados, mapa de identificación	Falta de personal		$80,000	Sí	No
2.2 Desarrollar plan de limpieza de predios baldíos identificados.	Porcentaje de predios limpiados	Ascendente	(predios limpiados al año / predios identificados) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0	2020		40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	Informe anual de avances	No identificación y/o localización de los propietarios de los predios		$350,000	90%	70%
2.3 Favorecer la urbanización de los caminos no pavimentados detectados como de alta emisión de partículas dentro del Programa de Obra Pública Municipal.	% de Superficie pavimentada	Ascendente	(superficie pavimentada por año/superficie pavimentada programada por año) x 100	Dirección de Obras Públicas	5,501 m lineales	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de avances	Carencia de recurso municipal	Meta anual: 1,000 metros lineales	$20,000,000	90%	70%
2.4 Desarrollar plan de riegos rutinarios en zonas identificadas con mayor generación de partículas (campos deportivos, calles, baldíos, predios, y zonas en general)	Porcentaje de zonas identificados regadas	Ascendente	(zonas regadas/ zonas identificadas/ x100	Dirección de Medio Ambiente y Obras Públicas	No	2020		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	95%	Informe anual de avances	Disponibilidad de equipo y agua, poco interés		$70,000	90%	70%
2.5 Implementar condicionantes de control de emisiones y mitigación de manera genérica en los permisos de construcción expedidos.	Condicionantes de control de emisiones y mitigación implementadas en permisos de construcción	Positivo	Si/No	Dirección de Desarrollo Urbano	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual	Carencia de vigilancia debido a la falta de cobertura		$80,000	Si	No
2.6 Desarrollar proyecto de lineamientos dentro de los presupuestos y catálogos de conceptos de contratación de Obra Pública Municipal las medidas de mitigaciones obligatorias y contempladas para la reducción de la dispersión de partículas en obras públicas municipales. (Riegos de áreas de trabajo en horarios alternados durante la obra.	% de acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones desarrolladas por año/ número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Obra Pública	0%	2020			100%	100%							Informe anual de avances	Falta de interés para la implementación		$200,000	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 3. Acciones de conservación, reforestación y de inspección y vigilancia implementadas en zonas municipales identificadas con mayor impacto.

Objetivo: Cuidar y preservar las áreas verdes así como la vegetación existente dentro del municipio.

Justificación: El aumento incontrolable de tala de árboles si autorización a ocasionado que la calidad del aire se vea afectada de manera directa.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 3. Acciones de conservación, reforestación y de inspección y vigilancia implementadas en zonas municipales identificadas con mayor impacto.	% de superficie conservada y reforestada	Ascendente	(superficie conservada y reforestada en el año/ superficie programada al año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	1000m2	2020	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Registro de zonas reforestadas	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	Meta anual: 40,000 m2	$2,050,000	>90%	<70%
	% de especies plantadas	Ascendente	(número de especies plantadas por año /número de especies programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	1100	2021	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Registro de zonas reforestadas	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	Meta anual: 1,000 especies.		>90%	<70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Desarrollar censo para identificar zonas de mayor impacto en deforestación y tala de árboles para uso en leña en hogares.	Censo realizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí		Sí			Sí			Sí	Informe censal	Falta de participación ciudadana		$80,000	Sí	No
3.2 Asegurar la supervivencia de especies vegetales reforestadas y en conservación.	Porcentaje de especies que sobrevivieron	Ascendente	(especies que sobrevivieron/especies plantadas) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020		80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	Informe anual	Falta de pipa para riego, condiciones climatológicas, cuidado de la		$1,000,000	>90%	<70%
3.3 Desarrollar un plan de inspección y vigilancia para evitar la tala de árboles, en zonas identificadas.	Plan desarrollado	Positivo	Sí /no	Dirección de Medio Ambiente	Sí	2020	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de las acciones realizadas	Falta de personal y cobertura municipal		$800,000	Sí	No
3.4 Aplicar sanciones por la tala de árboles en el municipio.	Porcentaje de sanciones aplicadas	Ascendente	(Número de sanciones aplicadas por año/ número de reportes de talas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	30%	2019	50%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	Informe anual	Talas no identificadas dentro de propiedades privadas		$120,000	>90%	<70%
3.5 Desarrollar acciones de difusión para evitar la tala de árboles.	% de acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones realidas por año/ número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Dirección de Comunicación	0%	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte fotográfico	Escasa cobertura municipal		$50,000	>90%	<70%

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 4. Emisiones generadas por quemas a cielo abierto en zona agrícola y urbana reducidas.
Objetivo: Lograr un municipio que reduzca las emisiones generadas por las quemas a cielo abierto.
Justificación: Se han identificado constantes incendios dentro del municipio, los cuales generalmente son provocados, por lo que la necesidad de monitorear y controlar a los causantes se ha vuelto una necesidad.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4. Emisiones generadas por quemas a cielo abierto en zona agrícola y urbana reducidas.	Porcentaje de reducción en fuente	Descendente	((Emisiones de PM10 de fuentes de área/Emisiones de PM10 por fuentes de área en el año base)-1)*100	Dirección de Medio Ambiente	18.32 ton	2017		-10%		-20%		-30%		-40%		-40%	Informe de avances del ProAire con datos del Inventario de emisiones.	Falta de conciencia ambiental ciudadana		$1,400,000	>90%	<70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Desarrollar censo de zonas con mayor incidencia de quemas a cielo abierto (lotes baldíos, zonas agrícolas).	Censo realizado	Positivo	Sí / No	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	No	2020		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Informe censal	Poca participación ciudadana		$100,000	Sí	No
4.2 Notificar a dueños de lotes baldíos identificados con mayor incidencia de quemas para que lleven a cabo su limpieza.	Porcentaje de número de notificaciones	Ascendente	(predios notificados por año/predios identificados en censo) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología y Bomberos	0%	2020		30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	95%	Reporte anual	Incendios en lotes baldíos no atendidos		$100,000	90%	70%
4.3 Desarrollar plan coordinado de inspección y vigilancia de quemas a cielo abierto y quemas agrícolas.	% de inspecciones realizadas	Ascendente	(número de inspecciones realizadas/ número de inspecciones programadas) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Dirección de Comunicación	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de inspecciones y vigilancia	Falta de cobertura por carencia de personal	Coordinación con instancias estatales, federales y municipales.	$400,000	90%	70%
4.4 Impulsar la creación del Programa de Estímulos a la labranza de conservación. (Municipal).	% de estímulos otorgados	Positivo	(número de estímulos otorgados por año/número de estímulos programados por año) x 100	Dirección de Desarrollo Rural	0%	2020			100%	100%		100%	100%		100%	100%	Informe anual de acciones	Falta de interés por parte de los agricultores	Se trabajará en coordinación con SMAOT y SDAyR	$800,000	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 5. Emisiones al aire provenientes de comercios y servicios municipales regulados.
Objetivo: Regular a los comercios y servicios que se dedican a los asados al carbón
Justificación: Existen diversos comercios dedicados a dichas actividades, principalmente en la mancha urbana, lo que ha ocasionado una necesidad de regularizarlos mediante la identificación y obtención de permisos correspondientes.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 5. Emisiones al aire provenientes de comercios y servicios municipales regulados.	Porcentaje de comercios y servicios municipales regulados	Ascendente	(Comercios y servicios regulados por año/comercios y servicios en censo por año) x 100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	0%	2018		10%		20%		30%		40%		50%	Informe de acciones	Falta de participación		$690,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Actualizar censo de comercios y servicios incluyendo asados al carbón.	Censo actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Reporte anual de comercios y servicios	Falta de cobertura municipal	Se coordinará con Desarrollo Urbano	$150,000	Sí	No
5.2 Desarrollar las medidas de regulación y control de establecimientos de asados al carbón mediante operativos de empadronamiento para la obtención de Permisos de Uso de Suelo.	% de operativos realizados por año	Ascendente	(Número de Operativos realizados en el año/número de operativos programados por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Reporte anual de operativos	Falta de cobertura municipal	Se coordinará con Desarrollo Urbano. Meta anual: 36 operativos.	$250,000	90%	70%
5.3 Desarrollar programa anual de regulación de establecimientos comerciales y de servicios, así como de preparación de alimentos al carbón.	Programa desarrollado	Ascendente	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual	Falta de cobertura y/o falta de personal		$140,000	Sí	No

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 6. Desarrollar la estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción en el municipio de Purísima del Rincón
Objetivo: Regular el sector ladrillero dentro del municipio de Purísima del Rincón
Justificación: Cerca de la mancha urbana, se han instalado la mayoría de los ladrilleros, ocasionando la creciente necesidad de reubicarlos en un predio localizado en una zona apta para realizar sus actividades así como, dar el acompañamiento para ejecutar un modelo sustentable.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 6. Desarrollar la estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción en el municipio de Purísima del Rincón.	% de cumplimiento de las acciones	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2021			30%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Falta de interés por cambio de administración		$1,000,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Contar con un predio que cumpla con el PMDUOET, PEDUOET, permiso de uso de suelo, y con el documento que acredite la legal posesión del inmueble.	Predio publicado	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020				Si	Si						Informe anual, permiso de uso de suelo	Falta de interés por cambio de administración		$100,000	Sí	No
6.2 Convenir con el Estado la instrumentación de la Estrategia Industria Sustentable de Insumos de la Construcción	Convenio de coordinación	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2021				Si							Informe anual,	Falta de interés por cambio de administración		$3,000,000	Sí	No

Estrategia: Sociedad responsable y participativa

Medida 7. Programa de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire implementado en Purísima del Rincón.

Objetivo: Crear una sociedad ambientalmente responsable dentro del municipio.

Justificación: La falta de interés en la sociedad por ser partícipe e involucrarse en temas ambientales y sustentables.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 7. Programa de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire implementado en Purísima del Rincón.	% de cumplimiento personas beneficiadas	Ascendente	(número de personas beneficiadas por año/ número de personas programadas) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de avance del ProAire	Falta de participación ciudadana	Meta anual: 1,000 personas beneficiadas.		90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7.1 Desarrollar operativos de difusión coordinados de verificación vehicular con ciudadanos del municipio y visitantes.	% de cumplimiento de operativos implementados por año	Ascendente	(Número de operativos realizados en el año/ número de operativos programados por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Tránsito y Transporte	79%	2019		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones	Inseguridad campañas políticas (época electoral). Cambio de administracion municipal. Falta de personal operativo	Meta anual: 96 operativos.	$ 400,000	90%	70%
7.2 Desarrollar "Programa un día sin auto en dependencias municipales".	Programa implementado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020			Sí	Si							Informe anual de acciones	Falta de interés en las dependencias		0	Sí	No
7.3 Desarrollar recorridos en bicicleta con autoridades municipales.	% de cumplimiento de recorridos implementados por año	Ascendente	(número de recorridos en el año/ número de recorridos programado) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Falta de participación del personal	Meta anual: 2 recorridos.	$ 100,000	90%	70%
7.4 Desarrollar campaña anual de difusión para evitar la quema de pastizales y pirotecnia en temporada invernal.	Campaña realizada	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de acciones	Falta de cobertura municipal	Coordinación con la Dirección de Comunicación Social.	$ 80,000	Sí	No
7.5 Difundir infografías en las ANPs con leyendas que indiquen la prohibición de quemas y depósito de basura.	% del número de infografías difundidas al año	Ascendente	(Número de infografías al año/ número de infografías programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual fotográfico	Falta de personal	Coordinación con la Dirección de Comunicación Social. Meta anual: 3 infografías.	$ 100,000	90%	70%
7.6 Capacitar a supervisores de obras públicas y peritos responsables de obras en materia de implementación y cumplimiento de medidas de mitigación durante la ejecución de obras.	Porcentaje del cumplimiento de número de proveedores capacitados al año	Ascendente	(número de proveedores capacitados en obra/número de proveedores en obra) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2020		70%	80%	80%	90%	90%	90%	95%	95%	95%	Informe anual	Falta de participación e interés de los proveedores	Coordinación con SMAOT	$ 300,000	90%	70%
7.7 Implementar Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas del Estado de Guanajuato.	Convenio firmado	Positivo	Sí / no	Secretaría de Medio Ambiente y de Ordenamiento Territorial	No	2020		Sí			Sí			Sí			Convenio firmado	Carencia de participación entre las dependencias	Coordinación con la SMAOT	$ 200,000	Sí	No

Estrategia: Normatividad y trámites

Medida 8. Marco normativo creado y actualizado con enfoque en prevención de la contaminación del aire.

Objetivo: Mantener en constante actualización las leyes y reglamentos dentro del municipio de acuerdo a las necesidades que se presenten para mejorar la calidad del aire.

Justificación: Las condiciones en que se encuentra el municipio, traen consigo la necesidad de actualizar las normas bajo las cuales nos regimos para dar una mejor solución a las problemáticas que se deriven y que perjudiquen la calidad del aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8. Marco normativo creado y actualizado con enfoque en prevención de la contaminación del aire.	% de cumplimiento de reglamentos actualizados y/o creados	Ascendente	(reglamentos actualizados/número de reglamentos actualizados programados en el año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0	2020			100%				100%				Publicaciones	Falta de presupuesto para estudios		$1,480,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Revisar y actualizar el reglamento Tránsito y Movilidad en materia de verificación vehicular (tabulador de multas por falta de verificación, operativos municipales, y requisitos), con enfoque en calidad del aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Seguridad Pública Tránsito y Transporte.	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de colaboración de la dependencia		$250,000	Sí	No
8.2 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación de comercios y servicios, establecimientos comerciales de preparación de alimentos al carbón municipales y desarrollo del RETC.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de interés y presupuesto		$250,000	Sí	No
8.3 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación sustentable para mitigación de partículas PM10 y PM2.5 de la obra pública y privada, y la preservación de árboles en el desarrollo de obras de construcción.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Obras Públicas	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de interés y presupuesto		$250,000	Sí	No
8.4 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de quemas a cielo abierto que fortalezca en procedimiento de denuncia, así como la regulación de pirotecnia en materia de calidad del aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente / PC	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de interés y presupuesto		$350,000	Sí	No
8.5 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de tala o quema injustificada de árboles y/o especies vegetales.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de interés y presupuesto		$380,000	Sí	No

Fichas de medidas y acciones de Salamanca

ESTRATEGIA. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES MÓVILES

Medida 1: Reducir emisiones generadas a la atmósfera por las fuentes móviles.

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por fuentes móviles, a través de acciones que ayuden a mitigar la combustión de contaminantes que afectan a la calidad del aire.

Justificación: Es importante proponer acciones que ayuden a disminuir el impacto al ambiente de la combustión de fuentes móviles, por lo cual es de suma importancia que se cumplan.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 1. Reducir emisiones generadas a la atmósfera por las fuentes móviles.	% de vehículos verificados por año	Ascendente	(% deverificación vehicular 1er semestre + % deverificación vehicular 2do semestre) / 2	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	27%	2021		30%	33%	36%	39%	42%	45%	48%	51%	54%	Informe anual de complimiento de del % de vehículos verificados	Falta de recursos económicos para difusión y para contratación de personal operativo Inseguridad Veda electoral Cambio de administración		$23,119,280	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
1.1 Realizar operativos para verificar el cumplimiento verificación vehicular.	% de cumplimiento de operativos realizados por año.	Ascendente	(número de Operativos realizados en el año/ número de operativos programados por año) x 100	Dirección General de Movilidad, Transporte y Vialidad.	65%	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de verificación vehicular.	Inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 48 operativos	$2,832,000	90%	70%
1.2 Impulsar el cumplimiento de la Verificación de vehículos oficiales.	Porcentaje cumplimiento de los vehículos verificados oficiales por semestre.	Ascendente	(Número de vehículos verificados por año*100) / (Padrón vehicular municipal por año)	Control Vehicular	44%	2020		98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de verificación vehicular.	Se incremente el padrón vehicular propiedad del Municipio, condiciones mecánicas de los vehículos, falta de presupuesto para el pago de la verificación vehicular, cambio de administración.	En 2020 en promedio de los dos semestres se verifico el 44% de los vehículos oficiales	$3,471,600	90%	70%
1.3 Desarrollar programa de mantenimiento preventivo de la flota vehicular municipal oficial	Porcentaje de Vehículos Oficiales sometidos a mantenimiento preventivo	Ascendente	(Número de vehículos oficiales sometidos a mantenimiento*100) / (Padrón de vehículos oficiales en el año evaluado)	Control Vehicular, taller municipal y dependencias con vehículos a su cargo.	0%	2020		70%		75%		80%		85%		90%	Informe de bitácoras	Incremento de vehículos fuera de servicio o en compostura.	N/A	$10,170,000	90%	70%
1.4 Establecer servicios para agilizar tráfico vehicular.	% de servicios realizados por año.	Ascendente	(Servicios realizados en el año/ servicios por gramados por año) x 100	Dirección General de Movilidad, Transporte y Vialidad.	0%	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 96 servicios.	$6,506,880.00	90%	70%
1.5 Desarrollar operativos para detección de vehículos contaminantes.	Número de operativos realizados por año.	Ascendente	(Operativos realizados en el año/ operativos por gramados por año) x 100	Dirección General de Movilidad, Transporte y Vialidad.	11%	2020	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Inseguridad, campañas políticas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Meta anual: 144 operativos.	$138,800	90%	70%

ESTRATEGIA. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 2. Reducir quemas a cielo abierto de lotes baldíos y quemas agrícolas.

Objetivo: Prevenir y combatir quemas a cielo abierto tanto en predios baldíos y pastizales como en zonas agrícolas con la quema de esquilmos.

Justificación: El municipio de Salamanca, tiene una fuerte actividad agrícola, lo que genera una gran cantidad de residuos por esta industria. Es recurrente ver en la región quemas a cielo abierto de estos residuos. Así mismo, las tradiciones urbanas y rurales como la quema de fogatas, viejitos (piñatas), cohetes, juegos pirotécnicos

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 2. Quemas a cielo abierto de lotes baldíos y quemas agrícolas reducidas.	Tasa de variación de superficie anual quemada respecto al año base.	Descendente	((Superficie quemada en año T/ superficie total del año base))-1) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2022		-10%		-20%		-30%		-40%		-40%	Base de datos de la Dirección de Medio Ambiente	Para el cálculo del indicador se considerará la totalidad de la superficie de lotes baldíos con cubierta vegetal (pastizal). Asignación de recursos, cambios de administraciones municipales, No exista la actualización de la normatividad estatal y municipal en tema de lotes baldíos	Es necesario que se realicen acciones de coordinación con el gobierno estatal y federal para atender las quemas de esquilmos, quemas en rellenos sanitarios, entre otros, siendo que son fuentes que contribuyen de manera significativa en la generación de partículas	$7,600,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
2.1 Generar y actualizar atlas de predios que cuenten con mayor incidencia de reportes de quemas.	Atlas generado y actualizado	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Archivo kmz	Falta de interés	N/A	N/A	Sí	No
2.2 Impulsar la limpieza de predios identificados con mayor incidencia de reportes de quema.	Porcentaje del número de predios limpiados, identificados con mayor incidencia de quemas.	Ascendente	(Número de lotes limpiados / número de lotes identificados) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020		40%	50%	60%	70%	80%	90%	90%	90%	90%	Informe anual Dirección de Medio Ambiente	Falta de información del propietario del predio para su notificación	N/A	N/A	90%	70%
2.3 Desarrollar programa anual de inspección y vigilancia para evitar quemas a cielo abierto (esquilmo y pastizales).	Programa desarrollado	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2019			Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Programa y reporte anual de acciones de inspección y vigilancia.	Descomposturas de unidad para atender y combatir incendios.	N/A	N/A	Sí	No
2.4 Impulsar la creación del Programa de Estímulos a la labranza de conservación. (Municipal).	Programa desarrollado	Positivo	Sí / no	Dirección de Desarrollo Agropecuario	No	2020		Sí			Sí			Sí			Programa y reporte anual de acciones realizadas	Falta de recursos o poco presupuesto	N/A	$7,600,000	Sí	No

ESTRATEGIA. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 3. Regular Comercios y servicios con consumo de combustibles sólidos y líquidos.

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes mediante la regulación de comercios y servicios que generen emisiones contaminantes a la atmosfera.

Justificación: Actualmente pocos establecimientos en especial los más grandes son los que cuentan con su regulación, mientras que los establecimientos pequeños no cuentan con una regulación.

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3. Comercios con consumo de combustibles sólidos y líquidos regulados.	Porcentaje de establecimientos (comercios y servicios) regulados)	Ascendente	(Número establecimientos regulados en el año*100),(Número de establecimientos en padrón)	Dirección de Medio Ambiente	5%	2019		10%		15%		20%		25%		30%	Informe anual de cumplimiento	Falta de seguimiento por cambios de administración municipal, falta de personal operativo y administrativo	N/A	$2,784,400	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Actualizar el padrón de comercios y servicios.	Padrón actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2021		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual Dirección de Medio Ambiente	falta de recursos, poco interés	N/A	N/A	Sí	No
3.2 Desarrollar programa de reducción de emisiones en comercios y servicios que generen mayor impacto de emisiones con énfasis en asados al carbón.	Programa desarrollado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí			Si			Sí			Informe anual Dirección de Medio Ambiente	falta de recursos, poco interés	N/A	N/A	Sí	No
	% de cumplimiento de las acciones implementadas en el programa	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual Dirección de Medio Ambiente	falta de recursos, poco interés	N/A	$2,784,400.00	90%	70%
3.3 Desarrollar el RETC municipal.	RETC publicado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual Dirección de Medio Ambiente	falta de recursos, poco interés	N/A	N/A	Sí	No

ESTRATEGIA. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 4. Implementar tecnologías limpias en sectores, comercial, rural, fraccionamientos y dependencias municipales.
Objetivo: Objetivo: Fomentar el uso de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.
Justificación: En la mayoría de comunidades la gente tiene la costumbre o en su caso la necesidad de calentar el agua con o alimentos con leña por tal motivo es importante darles la ayuda a través de estos programas sociales donde se les entrega tecnologías que ayudan a combatir la contaminación.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4. Implementar tecnologías limpias en sectores, comercial, rural, fraccionamientos y dependencias municipales.	% de tecnologías implementadas	Ascendente	(número de tecnologías instaladas por año/ número de tecnologías programadas por año) x 100	Dirección General de Ordenamiento Territorial y Urbano	326 (100%)	2021		100%			100%		100%		100%		Dirección General de Ordenamiento Territorial y Urbano	Falta de interés.	Meta en 2022: 615, meta en 2025:600, meta en 2027:650, meta en 2029: 725.	N/A	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Implementar programa de donación de calentadores solares	% de calentadores solares entregados	Ascendente	(número de calentadores solares entregados por año/número de calentadores solares programados por año) x 100	Dirección de Desarrollo Social y Humano	613 (100%)	2021		100%									Informe Dirección de Desarrollo Social y Humano	Falta de recursos.	Meta en 2022: 850.	$6,000,000	90%	70%
4.2 Impulsar la instalación de calentadores solares en fraccionamientos autorizados y dependencias municipales participantes.	Número de acciones realizadas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección General de Ordenamiento Territorial y Urbano	0%	2021		100%			100%		100%		100%		Dirección General de Ordenamiento Territorial y Urbano	Falta de interés.	N/A	N/A	90%	70%

ESTRATEGIA . REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 5. Reducir emisiones de material particulado en suspensión en el aire.

Objetivo: Mitigar las emisiones generadas por la erosión de suelos, caminos sin pavimentar a través de acciones de la conservación, reforestación pavimentación, inspección y vigilancia

Justificación: En una proporción importante de la zona urbana y conurbada de la región existen calles sin pavimentar por lo que el tránsito vehicular genera la suspensión de polvos. Aunado a esto, las áreas recreativas donadas a los municipios por los fraccionadores se entregan sin cubierta vegetal, convirtiéndose en una fuente

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5. Emisiones reducidas de material particulado en suspensión en el aire.	Porcentaje de reducción en fuente	Descendente	((Emisiones de PM10 de fuentes de área/Emisiones de PM10 por fuentes de área en el año base)-1)*100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	64.01 ton	2017		-4%		-8%		-12%		-16%		-20%	Informe de reducción en fuente.	Falta de recursos económicos para difusión y para contratación de personal operativo Inseguridad Veda electoral Cambio de administración	Datos de referencia:Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio 2017.	$107,046,394	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Desarrollar y actualizar mapa de zonas (caminos sin pavimentar, predios, zonas agrícolas, campos deportivos y zonas en general) con mayor generación de material particulado (polvos).	1. Mapa desarrollado y actualizado anualmente	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Archivo en kmz	Falta de interés o falta de recursos	N/A	N/A	Sí	No
5.2 Cubrir calles y espacios públicos con alta generación de partículas, de acuerdo a la normatividad de arborización adecuada y con materiales permeables en zonas identificadas como prioritarias.	% de superficie pavimentada	Ascendente	(superficie pavimentada por año/superficie programada por año) x 100	Dirección General de Obras Públicas	100% (1,500 m2)	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Dirección General de Obras Públicas	Falta de interés o falta de recursos	Meta anual: 80,000 m2	$107,046,394.0	90%	70%
5.3 Desarrollar mapa para identificar zonas de mayor impacto a reforestar y conservar.	1. Mapa desarrollado y actualizado anualmente	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Archivo en kmz	falta de recursos, poco interés	N/A	N/A	Sí	No
5.4 Desarrollar programa anual de reforestación, conservación y restauración en zonas de mayor impacto.	% de superficie conservada y reforestada	Ascendente	(superficie conservada y reforestada por año/ superficie programada por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	100% (1500 m2)	2021	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de la Dirección de Medio Ambiente	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	Meta: 5,000 m2	0	90%	70%
5.5 Asegurar la supervivencia de especies vegetales reforestadas y en conservación.	Porcentaje de especies que sobrevivieron anualmente	Ascendente	(especies que sobrevivieron/especies plantadas) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	Informe Anual Departamento de Parques y Jardines	falta de recursos, poco interés	Parques y Jardines se encarga de regar los camellones y zonas de reforestación dentro de la mancha urbana	N/A	90%	70%
5.6 Implementar Programa de adopción de árboles, camellones o zonas verdes.	% de árboles adoptados	Ascendente	(número de árboles adoptados por año/número de árboles programados para adopción por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	23%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe Anual Dirección de Medio Ambiente	falta de recursos, poco interés	Meta anual: 2,000 especies por año.	N/A	90%	70%

ESTRATEGIA . REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREA

Medida 6. Fortalecer el Centro de Trabajo de la Industria Sustentable de Insumos de la construcción a través del desarrollo de lineamientos de operación (ISIC).
Objetivo: Disminuir las emisiones provenientes de los procesos relacionados con la industria ladrillera en la región a través de la capacitación, tecnificación y cumplimiento de la normatividad aplicable.
Justificación: Es necesario continuar y reforzar los trabajos que se han realizado en el sector ladrillero en la región, a fin de impulsar estrategias integrales que permitan satisfacer las necesidades primordiales para prevenir y controlarlos impactos sociales y ambientales.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida									Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6. Fortalecer el Centro de Trabajo de la Industria Sustentable de Insumos de la construcción a través del desarrollo de lineamientos de operación (ISIC).	Reducción anual del PM10	Descendente	((Emisiones de PM10 de fuentes de área/Emisiones de PM10 por fuentes de área en el año base)-1)*100	SMAOT	2.27 ton de PM10	2017			-4%		-8%		-12%		-16%		Informe anual del cumplimiento de la reducción planteada.	Falta de interés o seguimiento.	Línea base 2.27 ton de emisiones emitidas sin acciones de PM10 en 2017.	$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Iniciar operaciones en el Centro de trabajo ISIC.	Centro de trabajo en operación	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2021		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual	Falta de partidpación de productores.		No se puede definir	Si	No
6.2 Reubicar productores ubicados en zona urbana de Salamanca.	% de productores reubicados	Ascendente	(Productores reubicados/productores registrados) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2021		50%	100%								Informe anual	Falta de partidpación de productores.	Durante el 2022 se tiene contemplada la transición del 50% de los ladrilleros y durante los siguientes años se tendría la transición del 100%.	No se puede definir	90%	70%
6.3 Garantizar la operación del Centro de Trabajo de la Industria Sustentable de Insumos de la Construcción de conformidad con la Licencia Ambiental de Funcionamiento.	Validación de la Cédula de operación anual	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2021		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de los procedimientos de validación	Falta de insumos o Presupuesto para que empiece a funcionar el parque	Ninguna	N/A	Si	No

ESTRATEGIA. SOCIEDAD RESPONSABLE Y PARTICIPATIVA

Medida 7. Desarrollar programas de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire y salud ambiental.
Objetivo: Instrumentar un programa de educación de calidad del aire en las escuelas y centros de educación ambiental de la región que permita informar cada día a la comunidad educativa sobre la condición de la calidad del aire y sus debidas recomendaciones.
Justificación: Aun cuando la Secretaría de Educación Pública ha modificado la currícula y los materiales educativos relacionados con la educación ambiental a nivel básico, se debe de reforzar en los planteles educativos un programa de educación ambiental con una línea temática clara en el tema de la calidad del aire y

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7. Implementar acciones de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire y salud ambiental.	% de personas impactadas	Ascendente	(número de personas impactadas por año/ número de personas programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual del cumplimiento	Disponibilidad de recursos	Meta anual: 1,000 personas		90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7.1 Desarrollar programa anual integral de capacitación al sector educativo, industrial y ciudadanía en materia de calidad del aire y salud ambiental.	Programa Desarrollado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente	No	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe Dirección de Medio Ambiente	Falta de interés o falta de recursos	N/A	N/A	Sí	No
7.2 Desarrollar campaña de difusión y concientización, para evitar uso de pirotecnia y quema de pastizales, zonas agrícolas y forestales).	Campaña desarrollada	Ascendente	Si/no	Dirección de Comunicación Social	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual Dirección de Medio Ambiente	Falta de interés o falta de recursos	N/A	N/A	Si	No
7.3 Desarrollar campañas para promover la verificación vehicular a través de redes sociales oficiales y pantallas informativas.	Porcentaje de las acciones de la Campaña realizadas	Ascendente	(Número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 100	Dirección de Medio Ambiente	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual Dirección de Medio Ambiente	Falta de interés o falta de recursos	N/A	N/A	Si	No

ESTRATEGIA. NORMATIVIDAD Y TRÁMITES

Medida 8. Actualizar y/o generar un esquema regulatorio en materia de calidad del aire.

Objetivo: Mantener un esquema regulatorio actualizado en materia de calidad del aire que ayude a hacer cumplir a los ciudadanos las obligaciones para el respeto y cuidado del medio ambiente.

Justificación: Es importante mantener reglamentos actualizados con sanciones adecuadas para el cuidado de los recursos naturales y el ambiente.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de cumplimiento	
MEDIDA	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8. Actualizar y/o generar un esquema regulatorio en materia de calidad del aire.	% de reglamentos actualizados	Ascendente	(reglamentos actualizados / reglamentos programados para actualización) x 100	Dirección de Medio Ambiente.	No	2020			100%				100%				Publicaciones	Falta de facultad para modificar reglamentos.	N/A	$ 0	90%	80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de cumplimiento	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Revisar y actualizar el reglamento Tránsito y Movilidad en materia de verificación vehicular (tabulador de multas por falta de verificación, operativos municipales, y requisitos), con enfoque en calidad del aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección General de Movilidad, Transporte y Vialidad.	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de facultad para modificar reglamentos.	N/A	N/A	Sí	No
8.2 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación de comercios y servicios, establecimientos comerciales de preparación de alimentos al carbón municipales y desarrollo del RETC.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente.	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de facultad para modificar reglamentos.	N/A	N/A	Sí	No
8.3 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación sustentable para mitigación de partículas PM10 y PM2.5 de la obra pública y privada, y la preservación de árboles en el desarrollo de obras de construcción.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Municipio de Salamanca	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de facultad para modificar reglamentos.	N/A	N/A	Sí	No
8.4 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de tala o quema injustificada de árboles y/o especies vegetales.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente.	No	2020			Sí				Sí				Publicaciones	Falta de facultad para modificar reglamentos.	N/A	N/A	Sí	No

Fichas de medidas y acciones de San Francisco del Rincón

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes móviles

Medida 1. Reducir emisiones generadas por las fuentes móviles.

Objetivo: Lograr que en el año 2023 los vehículos verificados incrementen el 15%.

Justificación: En el 1996 el Estado de Guanajuato implemento el programa estatal de verificación vehicular, siendo un instrumento importante para que el parque vehicular domiciliado en el Estado cumpla con la normatividad aplicable.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 1. Reducir emisiones generadas por las fuentes móviles.	Porcentaje de vehículos verificados por año	Ascendente	[% de verificación vehicular 1er semestre + % de verificación vehicular 2do semestre)/ 2	Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	12%	2021		13%	15%	17%	19%	21%	23%	25%	27%	29%	Informe anual del % de cumplimiento	Aumento de flota vehicular Cambio de administración		$63,500,000	90%	70%

Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Linea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
1.1 Realizar operativos para verificar el cumplimiento verificación vehicular.	% de operativos realizados por año.	Ascendente	(número de operativos realizados en el año/ número de operativos programados por año)*100	Subdirección de Tránsito y Vialidad.	100% 94 operativos	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de operativos.	Inseguridad, campañas politicas (veda electoral), Cambio de administración municipal, Falta de personal operativo.	Se programarán 96 operativas por año	$200,000	90%	70%
1.2 Impulsar el cumplimiento de la Verificación de vehículos oficiales.	Porcentaje cumplimiento de los vehículos verificados oficiales respecto al padrón municipal.	Ascendente	(Número de vehículos verificados*100) /(Padrón vehicular municipal)	Subdirección de Tránsito y Vialidad	63%	2020	70%	75%	75%	75%	80%	80%	85%	85%	90%	95%	Informe anual de verificación vehicular	Incremento del padrón vehicular, condiciones mecánicas de los vehículos, falta de presupuesto para el pago de la verificación vehicular, cambio de administración	En coordinación con Dirección de Medio Ambiente y Ecología. El porcentaje será por semestre.	$300,000	90%	70%
1.3 Desarrollar programa de mantenimiento de la flota vehicular municipal oficial	Porcentaje de Vehículos Oficiales sometidos a mantenimiento preventivo	Ascendente	(Número de vehículos oficiales sometidos a mantenimiento*100) / (Padrón de vehículos oficiales en el año evaluado)	Subdirección de Tránsito y Vialidad, Dirección Medio Ambiente y Ecología	60%	2020	63%		70%		80%		90%		100%	100%	Informes anuales de la Oficialia mayor	Incremento de vehículos fuera de servicio o en compostura.		$500,000	90%	70%
1.4 Renovar la flota vehicular oficial a vehículos híbridos o eléctricos.	% de vehículos de la flota vehicular oficial renovados a eléctricos o híbridos.	Ascendente	(flota vehicular renovada./ flota vehicular municipal) x 100	Tesorería Municipal	0%	2020		1%		3%		5%		7%		10%	Informe anual municipal	Falta de recursos, poco interés		$30,000,000	90%	70%
1.5 Renovar la flota vehicular oficial del área ambiental a vehículos híbridos o eléctricos.	% de vehículos de la flota vehicular oficial renovados a eléctricos o híbridos.	Ascendente	(flota vehicular renovada./ flota vehicular de la DMAE) x 100	Dirección Medio Ambiente y Ecología	0%	2020		1%		5%		10%		15%		20%	Informe anual municipal	Falta de recursos, poco interés		$2,500,000	90%	70%
1.6 Implementar programa de construcción de ciclovías.	% de superficie de ciclovías construidas	Ascendente	(superficie construida en el año/ superficie programada por año) x 100	Dirección de Obras Públicas Municipales	33 km	2020				100%		100%		100%			Informe anual municipal	Falta de recursos	Meta al 2024: 39 km; meta al 2026: 42 km; meta al 2028:43 km.	$30,000,000	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área.

Medida 2. Emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera reducidas en zonas específicas

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por las fuentes de emisión de competencia municipal, a través del fortalecimiento y actualización de los instrumentos municipales de inspección y vigilancia.

Justificación: En base al Inventario de Emisiones 2008, en la categoría de fuentes de área, la ZML contribuye con el 15.08% a las emisiones totales de PM10; con el 3.22% de SOx; 16.77% de CO; 29.26% de NOx y con un 35.94% de COVs, actualmente, los recursos municipales para atender la inspección y vigilancia en la ZML no son suficientes

Estrategia 2: Reducción de emisiones de fuentes de área

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Roja
Medida 2. Emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera reducidas en zonas específicas de San Francisco del Rincón.	Porcentaje de reducción en fuente	Descendente	((Emisiones de PM10 de fuentes de área/Emisiones de PM10 por fuentes de área en el año base)-1)*100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	31.55 ton (inventario de emisiones)	2017		-4%		-8%		-12%		-16%		-20%	Informe de avances	Cambio de administración		$100,100,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Roja
2.1 Desarrollar y actualizar censo de zonas con mayor generación de material particulado en zona urbana. (campos deportivos, caminos sí pavimentar, baldíos, zonas desprovistas de vegetación)	Censo generado y actualizado	Positivo	Si / no	Dirección de Obras Públicas	No	2020		Si			Si			Si			Censo el formato KMZ, informe anual con la descripción de zonas identificadas	Personal capacitado, poco interés.		$100,000.00	sí	No
2.2 Orientar pavimentación, rehabilitación de calles con materiales permeables y mejoramiento de suelos, de zonas identificadas en censo.	% de Superficie pavimentada	Ascendente	(superficie pavimentada por año/ superficie total identificada para pavimentar por año) x 100	Dirección de Obras Públicas	14,000 m2	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de avances	Poco interés, falta de presupuesto	Meta anual en 2021: 15,000 m2, meta al 2030: 70,000 m2. (incrementos de 5,000 m2 anuales)	$100,000,000.00	90%	70%
2.3 Otorgar permisos de construcción que contengan condicionantes de control de emisiones y mitigación de competencia municipal.	Porcentaje de proveedores con cumplimiento de las condicionantes de control y mitigación de emisiones.	Ascendente	(Número proveedores que cumplieron/número de proveedores con permisos otorgados) x 100	Dirección de Obra Pública, Dirección de Desarrollo Urbano	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe del numero de permisos obligados	Cambio de administración, modificaciones al reglamento.		$100,000,000.00	90%	70%
2.4 Desarrollar proyecto de lineamientos dentro de los presupuestos y catálogos de conceptos de contratación de Obra Pública Municipal medidas de mitigaciones obligatorias y contempladas para la reducción de la dispersión de partículas en obras públicas municipales. (Riegos de áreas de trabajo en horarios alternados durante la obra, vegetación y arbolado).	Proyecto desarrollado	Positivo	Si / No	Dirección de Obra Pública	No	2020			Si								Informe de la implementación del proyecto	Falta de interés, presupuesto limitado, actualización de reglamento.		$50,000.00	Si	No

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área.

Medida 3. Acciones de conservación y reforestación de áreas municipales identificadas con mayor impacto implementadas.
Objetivo: Mitigar las emisiones generadas por suelos erosionados y sin cubierta vegetal, a través de acciones de reforestación.
Justificación: En la región existen grandes extensiones de suelos degradados, calizos y sin cubierta vegetal, así como terrenos agrícolas abandonados.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 3. Acciones de conservación y reforestación de áreas municipales identificadas con mayor impacto implementadas.	% de superficie anual programada por conservary reforestar	Ascendente	(superficie anual conservaday reforestada/superficie anual programada por conservar y reforestar) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	1000 m2	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de cumplimiento	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	La meta programada anual es conservar una superficie anual de 40,000 m2	1,000,000	90%	70%
	% de especies plantadas programadas	Ascendente	(especies plantadas por año/especies programadas por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	1,000 especies	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de cumplimiento	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	La meta programada anual es de 1,200 especies		90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Desarrollar y actualizar mapa zonas de mayor impacto a reforestar y conservar.	Mapa desarrollado y actualizado	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	No	2020		Sí		Sí			Sí			Sí	mapa en formato KMZ publicado, Informe detalledo de zonas identificadas	Falta de interés		$200,000	Sí	No
3.2 Desarrollar programa anual de reforestación, conservación y restauración en zonas identificadas de mayor impacto.	Programa desarrollado	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	Sí	2020	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Programa de reforestación	Falta de producción en el vivero municipal, falta de interés.		$500,000	Sí	No
3.3 Asegurar la supervivencia de especies vegetales reforestadas y en conservación.	Porcentaje de especies que sobrevivieron	Ascendente	(especies que sobrevivieron/especies plantadas) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2020	80%	80%	80%	80%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	Informe anual de cumplimiento	Seguimiento por parte de ciudadano, condiciones meteorológicas.		$300,000	90%	70%
3.4 Desarrollar Programa de adopción de áreas verdes en la población.	% de áreas verdes programadas adoptadas	Ascendente	(número de áreas verdes adoptadas por año/número de áreas verdes programadas por año)	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	16 áreas verdes	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de cumplimiento	Condiciones meteorológicas, poco interés.	Meta anual: incremento de dos áreas por año respecto al año anterior. (meta al 2030: 34 áreas verdes)	$0	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área.

Medida 4. Reducir emisiones generadas por quemas a cielo abierto reducidas en zona agrícola y urbana de San Francisco del Rincón.
Objetivo: Promover acciones que permitan la reducción de emisiones provenientes de las quemas a cielo abierto.
Justificación: Basados en el Inventario de Emisiones 2008 en la categoría de fuentes de área, subcategoría quemas a cielo abierto, la ZML contribuye con el 0.91% a las emisiones de PM10; con el 0.06% de SOx; 7.93% de CO; 0.23% de NOx y con un 0.83% de COT.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluacion	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificacion	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4. Reducir emisiones generadas por quemas a cielo abierto en zona agricola y urbana de San Francisco del Rincón.	Tasa de variación de superficie anual quemada respecto al año anterior.	Descendente	((Superficie quemada en año T-superficie total anterior)/ Superficie quemada en año T) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2018		-10%		-20%		-30%		-40%		-40%	Informe anual de cumplimiento	Falta de interés		$1,400,000	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificacion	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Desarrollar y actualizar censo de zonas con mayor incidencia de quemas a cielo abierto (lotes baldíos, zonas agrícolas).	Censo desarrollado y actualizado	Positivo	Si / No	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	No	2020		Si			Si			Si			Informe anual, publicación	Falta de interés		$200,000.00	Sí	No
4.2 Notificación de lotes baldíos identificados para su limpieza y bardeado	Porcentaje de lotes baldíos limpiados por año	Ascendente	(predios limpiados por año/predios identificados en censo) x 100	DMAE, Prevención del Delito y Servicios Públicos	0%	2020		70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	Informe anual de cumplimiento Carpeta de evidencia	Falta de interés		$0.00	90%	70%
4.3 Desarrollar programa anual de inspección y vigilancia de quemas a cielo abierto y quemas agrícolas.	% del cumplimiento de las acciones desarrolladas	Ascendente	(número de acciones cumplidas por año x 100) / número de acciones programadas	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones realizadas	Falta de interés			90%	70%
4.4 Actualizar y compartir mensualmente base de datos estadísticos de reportes de quemas a cielo abierto.	Base de datos actualizada y compartida mensualmente	Positivo	Si / no	Área ambiental	No	2020	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Reporte anual		La base de datos se actualizará mensualmente	$0	Sí	No
4.5 Implementar programa de acopio de neumáticos.	% de neumáticos acopiados	Ascendente	(número de neumáticos acopiados por año/número de neumáticos acopiados programados por año) x100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	60 ton	2021		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Falta de interés de ciudadanos y de empresas para hacer la recolección.	Meta anual: incrementos de 10 toneladas por año hasta lograr meta al 2030 de 150 toneladas. (meta en 2022:70 ton)	$1,200,000.00	90%	70%

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área.

Medida 5. Comercios y servicios municipales regulados en el municipio de San Francisco del Rincón
Objetivo: Reducir las emisiones generadas por las fuentes de emisión de competencia municipal
Justificación: En base al Inventario de Emisiones 2008, en la categoría de fuentes de área (incluidas las subcategorías de competencia municipal), la ZML contribuye con el 15.08% a las emisiones totales de PM10; con el 3.22% de SOx; 16.77% de CO; 29.26% de NOx y con un 35.94% de COV.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 5. Comercios y servicios municipales regulados en el municipio de San Francisco del Rincón.	Porcentaje de establecimientos regulados	Ascendentes	(Número de establecimientos regulados por año/ establecimientos censados) x 100	Dirección de Ecología y Medio Ambiente	0%	2018		10%		20%		30%		40%		50%	Informe anual de acciones	Falta de interés, cambios de administraciones municipales		300,000	>90%	<70%

Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Actualizar censo de comercios y servicios con énfasis en uso de solventes y asados al carbón.	Censo actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología y Medio Ambiente	no	2019		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Informe anual	Cambio de administración		$100,000	Sí	No
5.2 Incrementar las medidas de regulación y control de establecimientos de asados al carbón mediante operativos de empadronamiento para la obtención de Permisos de Uso de Suelo.	% de operativos realizados por año	Ascendente	(Operativos realizados en el año/ número de operativos programados por año) x 100	Dirección de Ecología y Medio Ambiente	0	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Inseguridad, cambio de administración	Se realizarán 36 operativos programados por año	$100,000	90%	70%
5.3 Desarrollar programa de Monitoreo de establecimientos textiles o con uso de solventes.	% de acciones implementadas	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección de Ecología y Medio Ambiente	No	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Disponibilidad de recursos		0	90%	70%
5.4 Instrumentar RETC municipal	RETC desarrollado y actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología y Medio Ambiente	No	2020		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Documento RETC	Disponibilidad de recursos		$100,000	Sí	No

Estrategia: Reducción de emisiones de fuentes de área.

Medida 6. Estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción
Objetivo: Mitigar las emisiones de contaminantes generadas por el sector ladrillero artesanal en la ZML a través de la regulación, el cumplimiento normativo, la tecnificación y la capacitación.
Justificación: El sector ladrillero artesanal es una importante fuente generadora de partículas; de acuerdo al Inventario de Emisiones Guanajuato 2008, los hornos ladrilleros contribuyen con 2.3% de PM10 y 7.1% de PM2.5 en lo que se refiere a las emisiones totales de estos contaminantes en el Estado, por lo que es necesario establecer acciones que permitan controlar y mitigar el impacto en la calidad del aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 6. Estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción implementada en el municipio de San Francisco del Rincón.	% de cumplimiento de las acciones	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección de Ecología	0%	2020				40%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe de avances del ProAire.	Falta de interés por cambio de administración		Sin estimar	90%	70%

Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Elaborar de un censo del sector ladrillero.	Censo elaborado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020		Si			Si			Si			Censo anual	Falta de interés por cambio de administración		$100,000	Sí	No
6.2 Contar con un predio que cumpla con el PMDUOET, PEDUOET, permiso de uso de suelo, y con el documento que acredite la legal posesión del inmueble.	Predio acreditado	Positivo	Si / no	Dirección de Ecología	0%	2020				Si							Permiso de uso de suelo	Falta de interés por cambio de administración		$3,000,000	Si	No
6.3 Convenir con el Estado la instrumentación de la Estrategia Industria Sustentable de Insumos de la Construcción	Firma de Convenio de coordinación	Positivo	Si / no	Dirección de Ecología	No	2020				Si			Si			Si	Convenio firmado y publicado	Falta de interés por cambio de administración		$1,000,000	Sí	No

Estrategia: Sociedad responsable y participativa.

Medida 7. Desarrollar programa de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire en San Francisco del Rincón.

Objetivo: Instrumentar un programa en las escuelas, centros de educación ambiental y ONG en la ZML, en materia de calidad del aire.

Justificación: Aun cuando la Secretaría de Educación Pública (SEP) ha modificado la currícula y los materiales educativos relacionados con la educación ambiental a nivel básico, se deben reforzar los programas de educación ambiental con una línea clara en el tema de la calidad del aire

Estrategia 3: Sociedad responsable y participativa

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	**Indicador**	**Sentido del indicador**	**Método de cálculo**	**Responsable de la medida**	**Linea base**	**Año base**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**Medios de verificación**	**Supuestos**	**Notas adicionales**	**Costos totales**	**Verde/Amarillo**	**Amarillo/Rojo**
Medida 7. Desarrollar programa de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire en San Francisco del Rincón.	% de personas alcanzadas	Ascendente	(Número de personas alcanzadas por año/ número de personas programadas por año) x 100	Dirección de Ecología	100% (1000 personas)	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de cumplimiento de acciones	Falta de presupuesto	600 personas programadas por año, hasta alcanzar en el año 2030 5,400 beneficiados		90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	**Indicador**	**Sentido del indicador**	**Método de cálculo**	**Responsable de la acción**	**Linea base**	**Año base**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**Medios de verificación**	**Supuestos**	**Notas adicionales**	**Costos**	**Verde/Amarillo**	**Amarillo/Rojo**
7.1 Desarrollar la campaña "Un día sin Auto en dependencias municipales.	Campaña desarrollada	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2020		Sí			Sí			Sí			Informe anual de acciones	Falta de interés		$ 0	Sí	No
7.2 Otorgar reconocimientos Ambientales Municipales a servicios y comercios que establezcan acciones ambientales y sustentables.	% de reconocimientos otorgados por año	Ascendente	(número de reconocimientos en el año/ Número de reconocimientos programados por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones	falta de participación ciudadana	Se otorgarán 10 reconocimiento por año hasta 90 al 2030	$ 20,000.00	90%	70%
7.3 Realizar rodadas en bici dirigido a la ciudadanía para promover el uso de transporte sustentable.	Rodadas realizadas por año	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Convenio firmado, informe anual de su implementación	falta de interés por parte de la población y pocas vialidades alternas para cierre de calles en cuestión de llevar acabo dichas rodadas	colaboración con la Dirección de Atención a la juventud y COMUDE la meta es lograr 11 rodadas en 2030	$ 20,000.00	Sí	No
7.4 Desarrollar estrategia de comunicación del plan de atención a la temporada invernal para mitigar quemas a cielo abierto.	Estrategia desarrollada	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual de acciones	falta de interés	Colaboración con la Dirección de Comunicación Social	$ 700,000.00	Sí	No
7.5 Desarrollar campaña de Educación Ambiental Difusión y Comunicación municipal en materia de calidad del aire.	Campaña desarrollada	Positivo	Si / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	0%	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual de acciones, publicaciones oficiales en pagina de SER	falta de interés	colaboración con Dirección de educación publica	$ 200,000.00	Sí	No

Estrategia: Normatividad y trámites

Medida 8. Actualizar el marco normativo que regule y prevenga la contaminación del aire, creado y/o actualizado en el municipio de San Francisco del Rincón.

Objetivo: Actualización de reglamentos que permita fortalecer el programa a favor de la calidad del aire.

Justificación: Es necesario evaluar y actualizar el cumplimiento de la normatividad para detectar áreas de oportunidad de regulación y de reducción de emisiones en las diferentes fuentes de emisión.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de evaluación	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 8. Fortalecer el marco normativo que regule y prevenga la contaminación del aire, creado y/o actualizado en el municipio de San Francisco del Rincón.	% de reglamentos actualizados y/o creados	Ascendente	(número de reglamentos actualizados en el año/ número de reglamentos actualizados programados por año) x 100	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	60%	2020			100%				100%				Publicaciones	Falta de seguimiento, cambio de administración	REGLAMENTO EN PROCESO DE AUTORIZACIÓN MEDIANTE SECIÓN DEL H AYUNTAMIENTO Los reglamentos corresponden a los definidos en las acciones del 8.1 a 8.5	$85,000	90%	80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de evaluación	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Revisar y actualizar el reglamento Tránsito y Movilidad en materia de verificación vehicular (tabulador de multas por falta de verificación, operativos municipales, y requisitos), con enfoque en calidad del aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Seguridad Ciudadana, Transito y Vialidad	NO	2020			Si				Si				Publicaciones	Falta de interés	En coordinación con Jurídico y Desarrollo Económico	$17,000.00	Si	No
8.2 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación de comercios y servicios, establecimientos comerciales de preparación de alimentos al carbón municipales y desarrollo del RETC.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	Si	2020			Si				Si				Publicaciones	Falta de interés	En coordinación con Jurídico y Desarrollo Económico	$17,000.00	Si	No
8.3 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación sustentable para mitigación de partículas PM10 y PM2.5 de la obra pública y privada, y la preservación de árboles en el desarrollo de obras de construcción.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Obras Públicas	no	2020			Si				Si				Publicaciones	Falta de interés	En coordinación con Jurídico y Desarrollo Económico	$17,000.00	Si	No
8.4 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de quemas a cielo abierto que fortalezca en procedimiento de denuncia, así como la regulación de pirotecnia en materia de calidad del aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología/ PC	si	2020			Si				Si				Publicaciones	Falta de interés	En coordinación con Jurídico y Desarrollo Económico	$17,000.00	Si	No
8.5 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de tala o quema injustificada de árboles y/o especies vegetales.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Medio Ambiente y Ecología	si	2020			Si				Si				Publicaciones	Falta de interés	En coordinación con Jurídico y Desarrollo Económico	$17,000.00	Si	No

Fichas de medidas y acciones de Silao de la Victoria

Estrategia 1: Reducción de emisiones de fuentes móviles

Medida 2. Disminuir el número de vehículos de transporte de personal y público que circulan en la zona identificada así como en la zona centro del municipio.

Objetivo: Reducir la circulación de transporte de personal y público en zona urbana en un 30% al año 2030.

Justificación: En necesario reducir la circulación de transporte público y de personal ya que se produce congestión en diversos lugares, se incrementa la emisión de contaminentes propios de la quema de combustibles fósiles y por recirculación de las llantas, generando importante gasto de los recursos privados y sociales y pérdida de calidad de

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 2. Disminuir el numero de vehículos de transporte de personal y público que circulan en la zona identificada así como en la zona centro del municipio.	Porcentaje de vehículos de transporte que circulan en zona centro.	Descendente	100 - ((aforo vehicular por año/aforo vehicular año base)-1) x 100	Dirección de Transporte	0%	2018				-15%		-29%		-25%		-30%	Informe bianual de cumplimiento de la reducción		Las reducciones se expresan en números negativos. El aforo vehicular del año base será determinado por año.	$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
2.1 Desarrollar aforo vehicular anual de los vehículos de transporte de personal y público que circulan en zona centro del municipio.	Aforo desarrollado	Positivo	Si / no	Dirección de Transporte	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Informe anual de avances	Cambio de administración municipal		$0	Si	No
2.2 Elaborar estudio de reingeniería para identificar zonas de mayor conflicto vial.	Estudio elaborado	Positivo	Si / no	Dirección de Transporte	0%	2021			Si								Estudio publicado	Cambio de administración municipal		Sin determinar	Si	No
2.3 Desarrollar plan de acción, como resultado del estudio de Reingeniería.	% de acciones realizadas del Plan realizadas.	Positivo	(Número de acciones realizadas por año/ número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Transporte	0%	2021				100%	100%	95%	95%				Informe anual de avances	Cambio de administración municipal		Sin determinar	Si	No

Estrategia 2: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 3. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto, suelos erosionados, caminos sin pavimentar, obras de construcción y actividades de labranza agrícola.

Objetivo: Cumplimiento de las acciones planteadas para reducir quemas a cielo abierto así como reducir las emisiones de material particulado.

Justificación: En una proporción importante de la zona urbana de Silao existen calles sin pavimentar por lo que el tránsito vehicular genera la suspensión de partículas. Acorde al Inventario de Emisiones 2017, la ZML contribuye con un 4.52% de PM10 y con un 2.55% de PM2.5 en la subcategoría de caminos no pavimentados. Aunado a esto, las áreas de donación en fraccionamientos se entregan sin cubierta vegetal, convirtiéndose en una fuente importante de generación de tolvaneras, lo que genera la necesidad de realizar acciones específicas encaminadas a reducir las emisiones por estas fuentes. En la región existen grandes extensiones de suelos degradados, calizos y sin cubierta vegetal así como terrenos agrícolas abandonados.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 3. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto, suelos erosionados, caminos sin pavimentar, obras de construcción y actividades de labranza agrícola.	Porcentaje de zonas u obras de construcción que redujeron emisiones de partículas por año.	Ascendente	(número de zonas u obras con reducciones por año/número de acciones programadas por año) x 100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	0%	2018		-3%	-9%	-15%	-21%	-27%	-33%	-39%	-45%	-51%	Informe de avances del ProAire con datos del Inventario de emisiones.	Cambio de administración		$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Desarrollar y actualizar censo de zonas con mayor incidencia de quemas a cielo abierto (predios, zonas agrícolas), suelos erosionados, caminos sin pavimentar y zonas desprovistas de vegetación.	Censo desarrollado y actualizado	Positivo	Si/No	Dirección de Ecología	No	2021		Sí		Si		Si		Si		Si	Informe de censo desarrollado con número de zonas identificadas	Cambio de administración.		$0.00	Si	No
3.2 Notificación de lotes baldíos identificados para su limpieza y bardeado	Porcentaje de lotes baldíos notificados	Ascendente	(predios notificados por año/predios programados para notificación por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Informe anual de notificaciones realizadas	Cambio de administración.		$0.00	90%	70%
3.3 Actualizar y compartir mensualmente base de datos estadísticos de reportes de quemas a cielo abierto.	Base de datos actualizada y compartida mensualmente	Positivo	Si/no	Dirección de Ecología	No	2020	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Reporte anual	Cambio de administración.	La base de datos se actualizará mensualmente	$0	Sí	No
3.4 Implementar programa de inspección y vigilancia de quemas a cielo abierto y quemas agrícolas.	1. % de cumplimiento de las acciones implementadas en el programa	Ascendente	(Número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de cumplimiento	Cambio de administración.		$0.00	90%	70%
	2. Aplicación de sanciones	Positivo	Si/No	Dirección de Ecología	No	2019		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de cumplimiento	Cambio de administración.			Sí	No
3.5 Implementar programa anual de riegos en zonas identificadas con mayor generación de partículas y desprovistas de vegetación.	% de cumplimiento de las acciones implementadas en el programa	Ascendente	(Número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 101	Dirección de Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones	Cambio de administración.		$500,000.00	90%	70%
3.6 Otorgar permisos de construcción que contengan condicionantes de control de emisiones y mitigación.	Porcentaje de proveedores con cumplimiento de las condicionantes de control de emisiones y mitigación por año	Ascendente	(Número proveedores que cumplieron con las condicionantes de control de emisiones y mitigación/número de permisos otorgados por año) x 100	Dirección de Obra Pública	0%	2020		50%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Cambio de administración.		$0.00	90%	70%

Estrategia 2: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 3. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto, suelos erosionados, caminos sin pavimentar, obras de construcción y actividades de labranza agrícola.

Objetivo: Cumplimiento de las acciones planteadas para reducir quemas a cielo abierto así como reducir las emisiones de material particulado.

Justificación: En una proporción importante de la zona urbana de Silao existen calles sin pavimentar por lo que el tránsito vehicular genera la suspensión de partículas. Acorde al Inventario de Emisiones 2017, la ZML contribuye con un 4.52% de PM10 y con un 2.55% de PM2.5 en la subcategoría de caminos no pavimentados. Aunado a esto, las áreas de donación en fraccionamientos se entregan sin cubierta vegetal, convirtiéndose en una fuente importante de generación de tolvaneras, lo que genera la necesidad de realizar acciones específicas encaminadas a reducir las emisiones por estas fuentes. En la región existen grandes extensiones de suelos degradados, calizos y sin cubierta vegetal así como terrenos agrícolas abandonados.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 3. Reducir las emisiones generadas por quemas a cielo abierto, suelos erosionados, caminos sin pavimentar, obras de construcción y actividades de labranza agrícola.	Porcentaje de zonas u obras de construcción que redujeron emisiones de partículas por año.	Ascendente	(número de zonas u obras con reducciones por año/número de acciones programadas por año) x 100	Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial	0%	2018		-3%	-9%	-15%	-21%	-27%	-33%	-39%	-45%	-51%	Informe de avances del ProAire con datos del Inventario de emisiones.	Cambio de administración		$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
3.1 Desarrollar y actualizar censo de zonas con mayor incidencia de quemas a cielo abierto (predios, zonas agrícolas), suelos erosionados, caminos sin pavimentar y zonas desprovistas de vegetación.	Censo desarrollado y actualizado	Positivo	Sí / No	Dirección de Ecología	No	2021		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	Informe de censo desarrollado con número de zonas identificadas	Cambio de administración.		$0.00	Sí	No
3.2 Notificación de lotes baldíos identificados para su limpieza y bardeado.	Porcentaje de lotes baldíos notificados	Ascendente	(predios notificados por año/predios programados para notificación por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Informe anual de notificaciones realizadas	Cambio de administración.		$0.00	90%	70%
3.3 Actualizar y compartir mensualmente base de datos estadísticos de reportes de quemas a cielo abierto.	Base de datos actualizada y compartida mensualmente	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Reporte anual	Cambio de administración.	La base de datos se actualizará mensualmente	$0	Sí	No
3.4 Implementar programa de inspección y vigilancia de quemas a cielo abierto y quemas agrícolas.	1. % de cumplimiento de las acciones implementadas en el programa	Ascendente	(Número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de cumplimiento	Cambio de administración.		$0.00	90%	70%
	2. Aplicación de sanciones	Positivo	Sí / No	Dirección de Ecología	No	2019		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de cumplimiento	Cambio de administración.			Sí	No
3.5 Implementar programa anual de riegos en zonas identificadas con mayor generación de partículas y desprovistas de vegetación.	% de cumplimiento de las acciones implementadas en el programa	Ascendente	(Número de acciones realizadas/número de acciones programadas) x 101	Dirección de Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual de acciones	Cambio de administración.		$500,000.00	90%	70%
3.6 Otorgar permisos de construcción que contengan condicionantes de control de emisiones y mitigación.	Porcentaje de proveedores con cumplimiento de las condicionantes de control de emisiones y mitigación por año	Ascendente	(Número proveedores que cumplieron con las condicionantes de control de emisiones y mitigación/número de permisos otorgados por año) x 100	Dirección de Obra Pública	0%	2020		50%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Cambio de administración.		$0.00	90%	70%

Estrategia 2: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 4. Acciones de conservación y reforestación implementadas en áreas municipales identificadas con mayor impacto.

Objetivo: Incrementar el índice de la superficie vegetal por habitante con la creación y mantenimiento de áreas verdes dentro de la mancha urbana.

Justificación: Contar con áreas verdes urbanas y rurales contribuyen en la mejora de la calidad de vida de la población, además de mejorar el medio ambiente ya que ayudan a regular la temperatura en las ciudades evitando las denominadas islas de calor, que pueden ser factor para favorecer la generación de O3 derivado de la presencia de sus precursores. Asimismo, es importante considerar que son barreras naturales que reducen la exposición a la población de emisiones de partículas causadas por la erosión del suelo.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 4. Acciones de conservación y reforestación implementadas en áreas municipales identificadas con	% de superficie conservada y reforestada	Ascendente	(superficie conservada y reforestada por año/ superficie programada por año) x 100	Dirección de Ecología	30,000	2020	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	Meta anual: 40,000 m2	$1,000,000	90%	70%
	% de especies vegetales plantadas	Ascendente	(número de especies vegetales plantadas por año/ número de especies plantadas programadas por año) x 100	Dirección de Ecología	5,000	2019	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual, boletines en pagina oficial	Condiciones meteorológicas, falta de presupuesto	Meta anual: 1,000 especies plantadas		90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
4.1 Desarrollar y actualizar censo para identificar zonas de mayor impacto a reforestar y conservar.	Censo desarrollado y actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología				Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe de su actualización	Cambio de administración		$0	Sí	No
4.2 Desarrollar programa de reforestación, conservación y restauración en zonas de mayor impacto.	Programa desarrollado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	0%	2020		Si			Si			Si			Informe anual de acciones realizadas en el programa	Cambio de administración		$500,000	Sí	No
4.3 Asegurar la supervivencia de especies vegetales reforestadas y en conservación.	Porcentaje de especies que sobrevivieron	Ascendente	(especies que sobrevivieron por año/especies plantadas por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	Informe anual	Cambio de administración		$500,000	90%	70%

Estrategia 2: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 5. Regular comercios y servicios municipales.

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por las fuentes de emisión de competencia municipal, a través del fortalecimiento y actualización de los instrumentos municipales de inspección y vigilancia.

Justificación: De acuerdo al Inventario de Emisiones Guanajuato 2017, las emisiones anuales generadas por fuentes fijas en Silao aportan el 4.52% de PM10, el 2.55% de PM2.5, el 2.34% de SOx, el 2.25% de CO, el 2.57% de NOx, el 2.86% de COT y el 2.21% de COV, de las emisiones totales de los contaminantes respectivos a nivel Estado. Por ello, a través de la regulación, inspección y vigilancia se logrará identificar el 100% de fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal, con lo cual se podrán plantear acciones de control y mitigación de emisiones.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
Medida 5. Regular comercios y servicios municipales.	% de comercios y servicios regulados por año	Ascendente	(número de establecimientos regulados por año /Número de establecimientos censados) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		10%		20%		30%		40%		50%	Informe anual del cumplimiento de las metas	Cambio de administración		$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
5.1 Actualizar censo de comercios y servicios con énfasis en asados al carbón.	Censo actualizado	Positivo	Si / no	Dirección de Ecología	No	2020		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Censo	Cambio de administración		$0.00	Si	No
5.2 Establecer medidas de regulación y control de establecimientos de asados al carbón mediante operativos de empadronamiento para la obtención de Permisos de Uso de Suelo.	Número de operativos realizados por año	Ascendente	(Número de operativos realizados en el año/ número de operativos programados por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual	Cambio de administración	Meta anual: 24 operativos	$0.00	90%	70%
5.3 Desarrollar programa de Monitoreo de establecimientos comerciales y de servicios así como de preparación de alimentos al carbón.	% de cumplimiento de las acciones desarrolladas por año	Ascendente	(número de acciones desarrolladas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020		95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	Informe anual	Cambio de administración		$0.00	Si	No
5.4 Implementar y actualizar RETC municipal	RETC Actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2021		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual	Cambio de administración		$0.00	Sí	No

Estrategia 2: Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 6. Implementar la estrategia estatal de industria sustentable de insumos de la construcción en el municipio de Silao

Objetivo: Mitigar las emisiones de contaminantes generadas por el sector ladrillero artesanal en el municipio de Silao a través de la regulación, el cumplimiento normativo, la tecnificación y la capacitación

Justificación: El sector ladrillero artesanal es una importante fuente generadora de partículas; de acuerdo al Inventario de Emisiones Guanajuato 2017, los hornos ladrilleros contribuyen con 5.45% de PM10 y 9.01% de PM2.5 en lo que se refiere a las emisiones totales de estos contaminantes en el Estado, por lo que es necesario establecer acciones que permitan controlar y mitigar el impacto en la calidad del aire. Para la atención de esta problemática ambiental es necesario también considerar la precaria situación económica del sector, su deficiente calidad de vida, así como los prevalecientes problemas de salud, por lo que se ha instaurado un grupo de trabajo a nivel de instancias del gobierno estatal a fin de coadyuvar coordinadamente con reductores y municipios, para la atención integral del sector ladrillero local.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de semaforización	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.4 Desarrollar acciones correspondientes al municipio, para la instrumentación de la estrategia	% de cumplimiento de las acciones	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x100	Dirección de Ecología	0%	2020			10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	Informe de avances del ProAire.	Falta de interés por cambio de administración		Sin estimar	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de semaforización	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
6.1 Elaborar de un censo del sector ladrillero.	Censo elaborado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020			Si		Si			Si			Informe de avances del ProAire.	Falta de interés por cambio de administración		Sin estimar	Si	No
6.2 Contar con un predio que cumpla con el PMDUOET, PEDUOET, permiso de uso de suelo, y con el documento que acredite la legal posesión del inmueble.	Predio acreditado	Ascendente	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020			Si	Si							Acreditación del predio	Falta de interés por cambio de administración		Sin estimar	Si	No
6.3 Convenir con el Estado la instrumentación de la Estrategia Industria Sustentable de Insumos de la Construcción	Convenio de coordinación firmado	Positivo	Si / no	Dirección de Ecología	No	2020			Si		Si		Si			Si	Informe de avances del ProAire.	Falta de interés por cambio de administración		Sin estimar	Sí	No
6.4 Desarrollar acciones correspondientes al municipio, para la instrumentación de la estrategia.	% de cumplimiento de las acciones	Ascendente	(número de acciones realizadas por año/número de acciones programadas por año) x 100	Dirección de Ecología					10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	Informe anual del avance de las acciones	Falta de interés por cambio de administración		Sin estimar	90%	70%

Estrategia 3: Sociedad responsable y participativa

Medida 7. Desarrollar programa de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire.
Objetivo: Instrumentar un programa de Educación Ambiental en materia de calidad del aire en el municipio de Silao.
Justificación: Aun cuando la Secretaría de Educación Pública (SEP) ha modificado la currícula y los materiales educativos relacionados con la educación ambiental a nivel básico, se deben reforzar los programas de educación ambiental con una línea clara en el tema de la calidad del aire. Por lo anterior, es necesario desarrollar programas permanentes de educación formal y no formal, que permitan generar una cultura de conocimiento, acción, prevención y autoprotección ante las condiciones de contaminación del aire.

Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7. Desarrollar Programa de educación ambiental, difusión y comunicación en materia de calidad del aire.	% de personas beneficiadas	Ascendente	(número de personas beneficiadas por año/número de personas programadas por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2019			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Informe anual del cumplimiento de las metas	Cambio de administración	Meta anual: 1,000 beneficiados.		>90%	<80%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
7.1 Desarrollar programa de educación ambiental en materia de calidad del aire.	Programa desarrollado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	Sí	2020			Sí			Sí			Sí		Informe anual de acciones	Cambio de administración		$0.00	Sí	No
7.2 Implementar campaña de comunicación y difusión del Índice Aire Salud en el Municipio.	Campaña realizada	Positivo	Sí / no	Dirección de Comunicación Social	Sí	2020			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Informe anual de acciones	Cambio de administración		$500,000.00	Sí	No
7.3 Impulsar convenio firmado para la implementación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en el municipio de Silao	Convenio firmado	Positivo	SI/NO	Dirección de Ecología	SI	2019					SI			SI			Convenio firmado con el Estado	Cambio de administración		$0.00	Sí	No

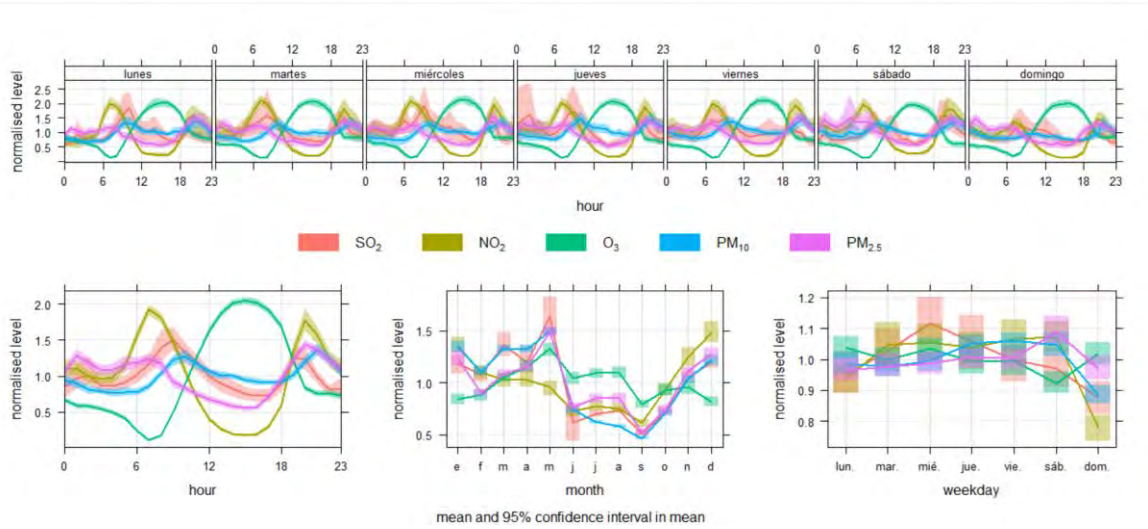
Estrategia 4: Normatividad y trámites

Medida 8. Crear y actualizar el marco normativo que regulen y prevengan la contaminación del aire.
Objetivo: Actualizar marco normativo en materia de calidad del aire en el municipio de Silao.
Justificación: Es necesario evaluar y actualizar el cumplimiento de la normatividad para detectar áreas de oportunidad de regulación y de reducción de emisiones en las diferentes fuentes de emisión.

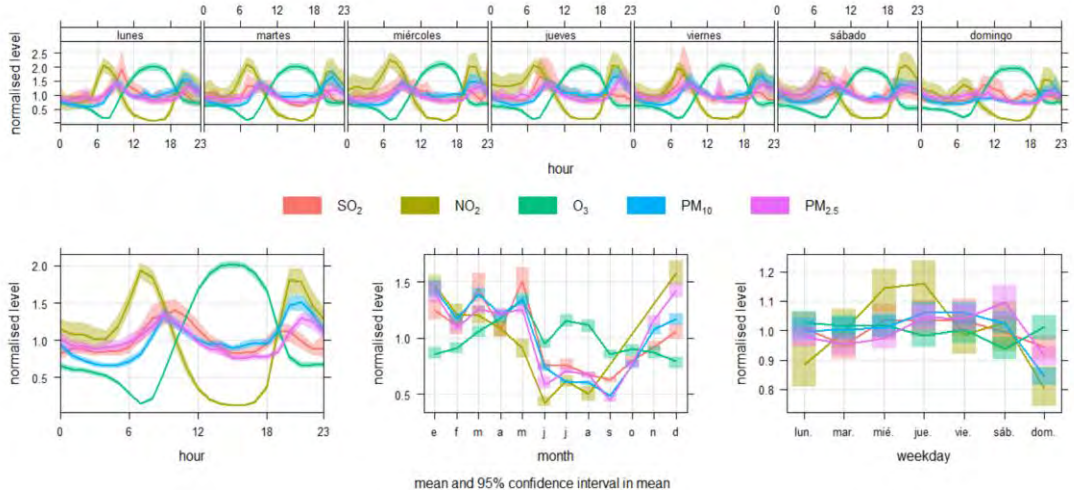
Datos a nivel medida							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel medida				Semáforo de	
Medida	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la medida	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos totales	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8. Crear y actualizar el marco normativo que regulen y prevengan la contaminación del aire.	% de reglamentos actualizados	Ascendente	(número de reglamentos actualizados en el año/ número de reglamentos programados por año) x 100	Dirección de Ecología	0%	2020			100%					100%			Publicaciones	Cambio de administración	Meta: 5 reglamentos en año definido.	$0	90%	70%

Datos a nivel acción							Cronograma de alcance de metas a nivel medida										Información adicional a nivel acción				Semáforo de	
Acciones	Indicador	Sentido del indicador	Método de cálculo	Responsable de la acción	Línea base	Año base	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Medios de verificación	Supuestos	Notas adicionales	Costos	Verde/Amarillo	Amarillo/Rojo
8.1 Revisar y actualizar el reglamento Tránsito y Movilidad en materia de verificación vehicular (tabulador de multas por falta de verificación, operativos municipales, y requisitos), aplicable a transporte público con enfoque reducción de emisiones al aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Tránsito	No	2020			Sí					Sí			Publicaciones	Cambio de administración		0	Sí	No
8.2 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación de comercios y servicios, establecimientos comerciales de preparación de alimentos al carbón municipales y desarrollo del RETC.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020			Sí					Sí			Publicaciones	Cambio de administración		0	Sí	No
8.3 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de regulación sustentable para mitigación de partículas PM10 y PM2.5 de la obra pública y privada, y la preservación de árboles en el desarrollo de obras de construcción.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020			Sí					Sí			Publicaciones	Cambio de administración		0	Sí	No
8.4 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de quemas a cielo abierto que fortalezca en procedimiento de denuncia, así como la regulación de pirotecnia en materia de calidad del aire.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020			Sí					Sí			Publicaciones	Cambio de administración		0	Sí	No
8.4 Revisar y actualizar el reglamento aplicable en materia de tala o quema injustificada de árboles y/o especies vegetales.	Reglamento actualizado	Positivo	Sí / no	Dirección de Ecología	No	2020			Sí					Sí			Publicaciones	Cambio de administración		0	Sí	No

Comportamiento horario, semanal y mensual de contaminantes criterio

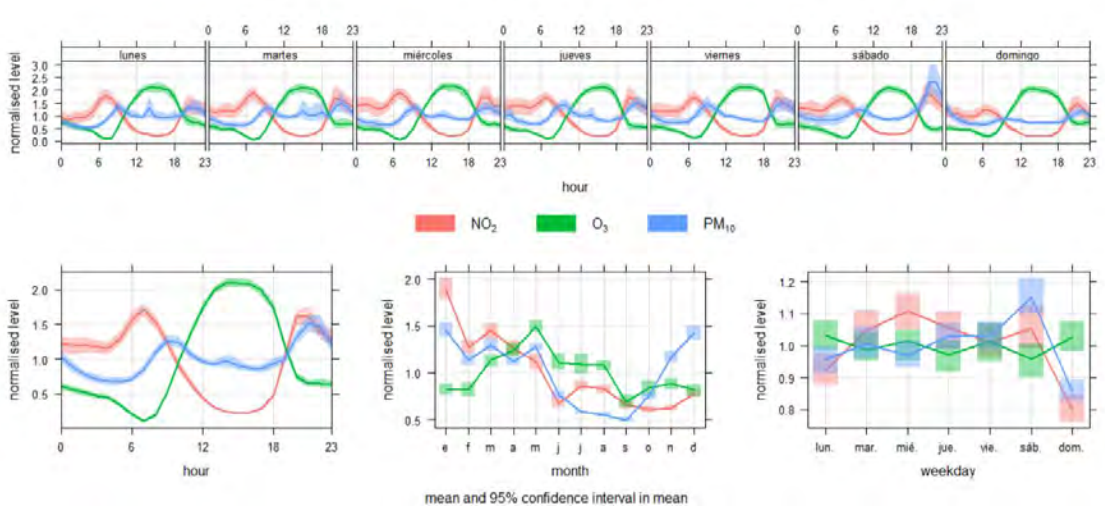


Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Policía del municipio de Celaya en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



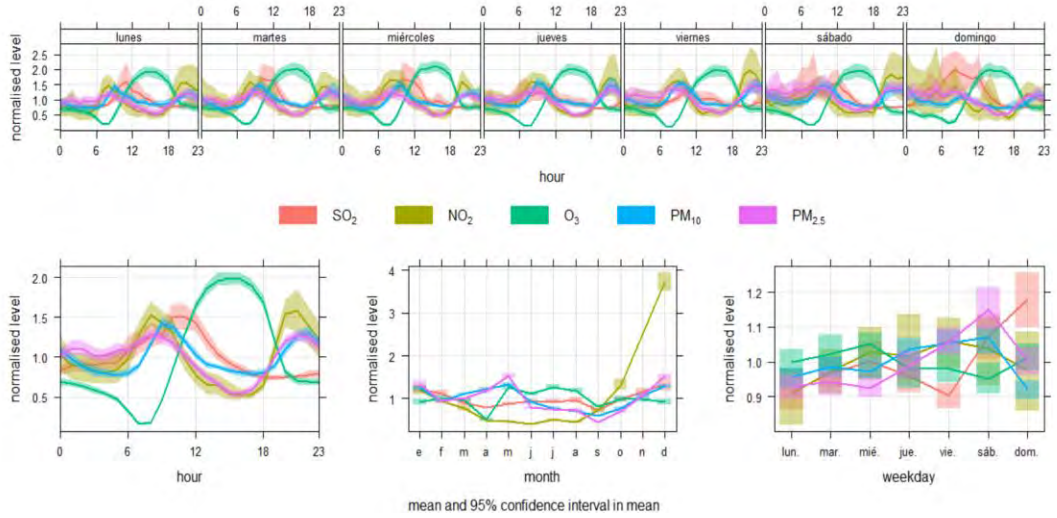
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de San Juanico del municipio de Celaya en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



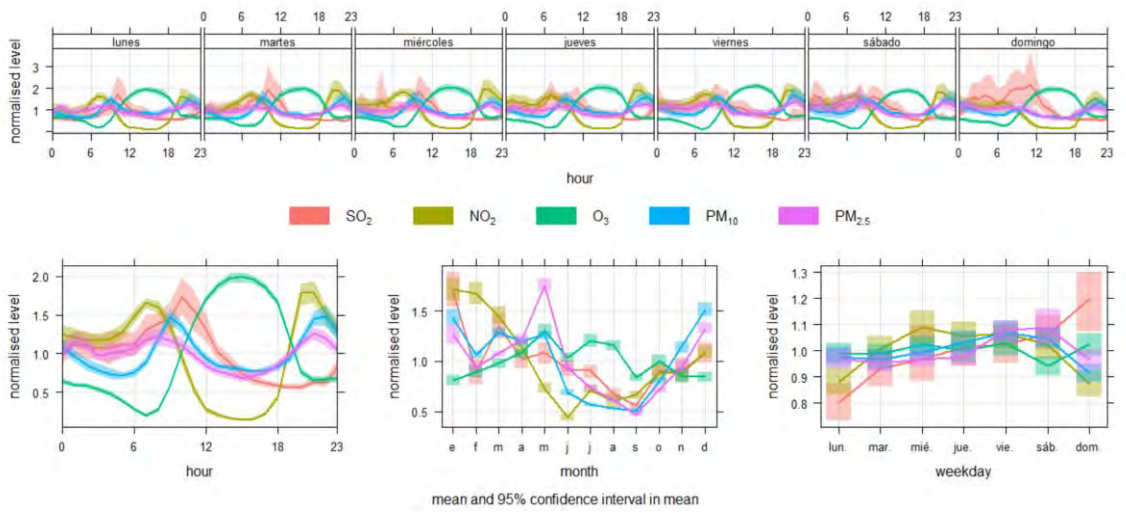
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Tecnológico del municipio de Celaya en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



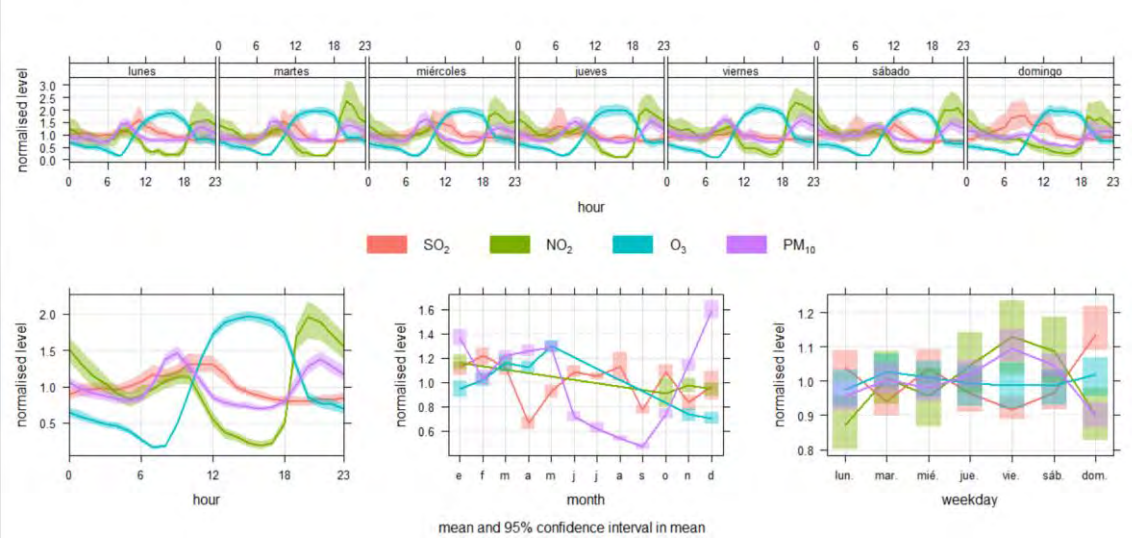
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Bomberos del municipio de Irapuato en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



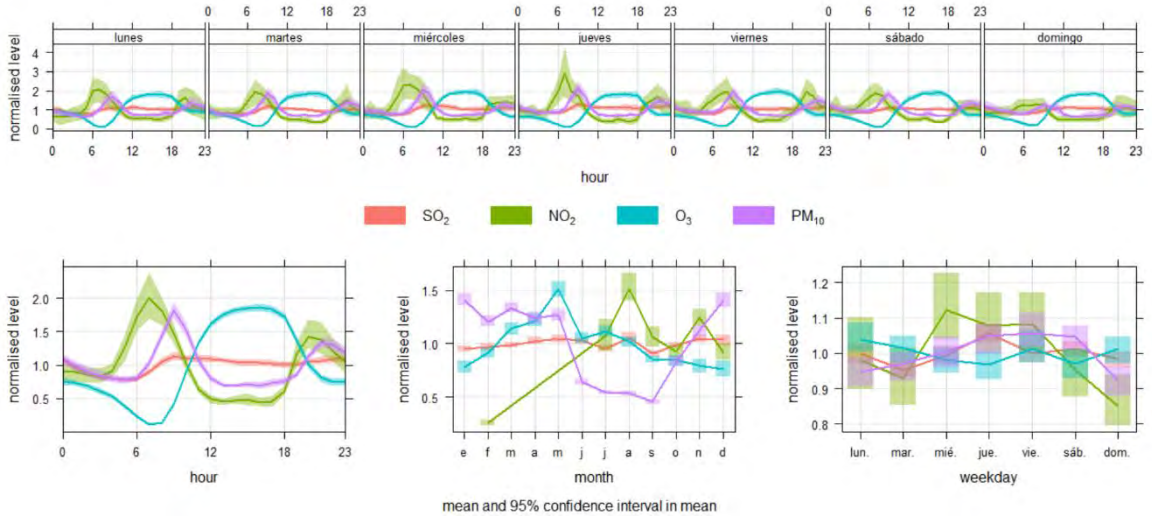
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Teódula de municipio de Irapuato en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



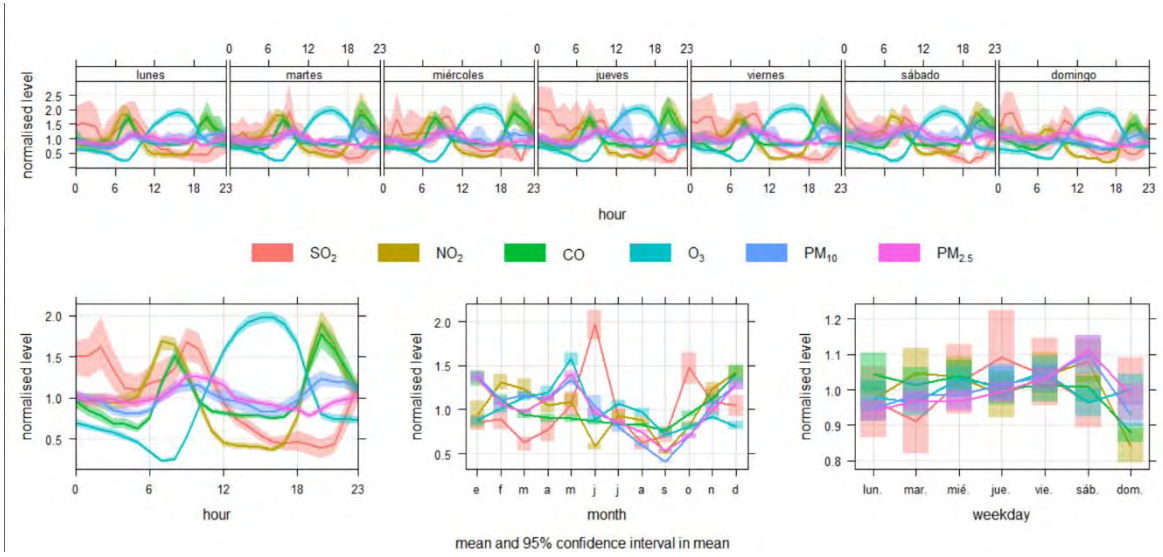
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Secundaria del municipio de Irapuato en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



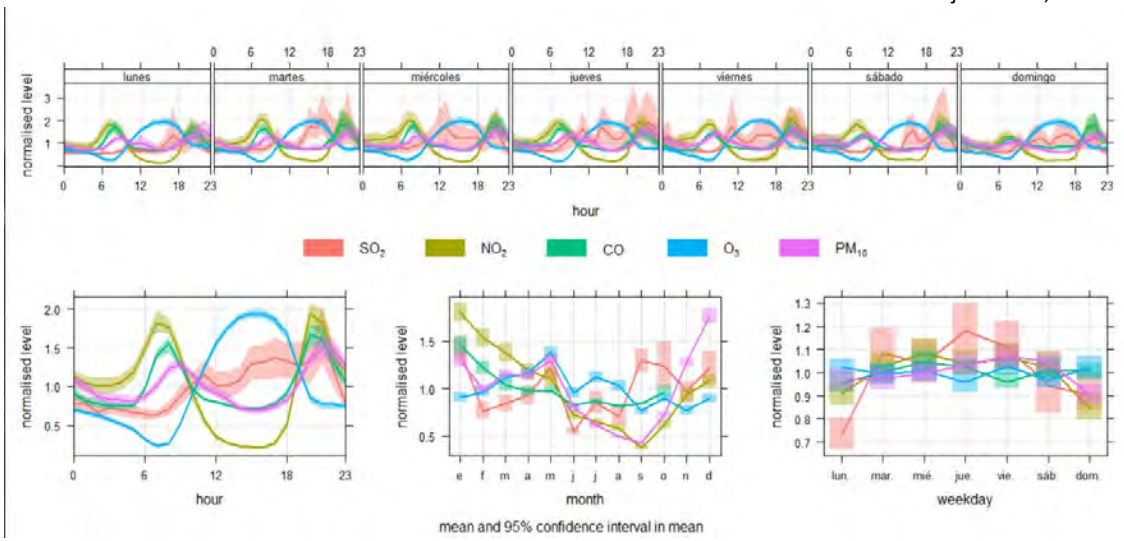
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Hospital General del municipio de Silao en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



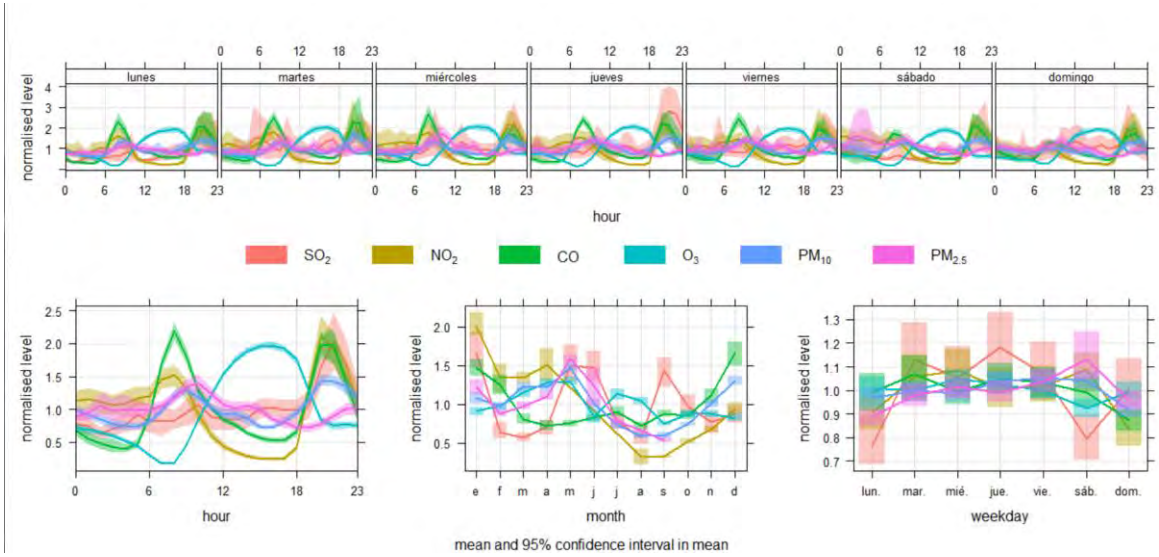
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Cruz Roja del municipio de Salamanca en el año 2022.

Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

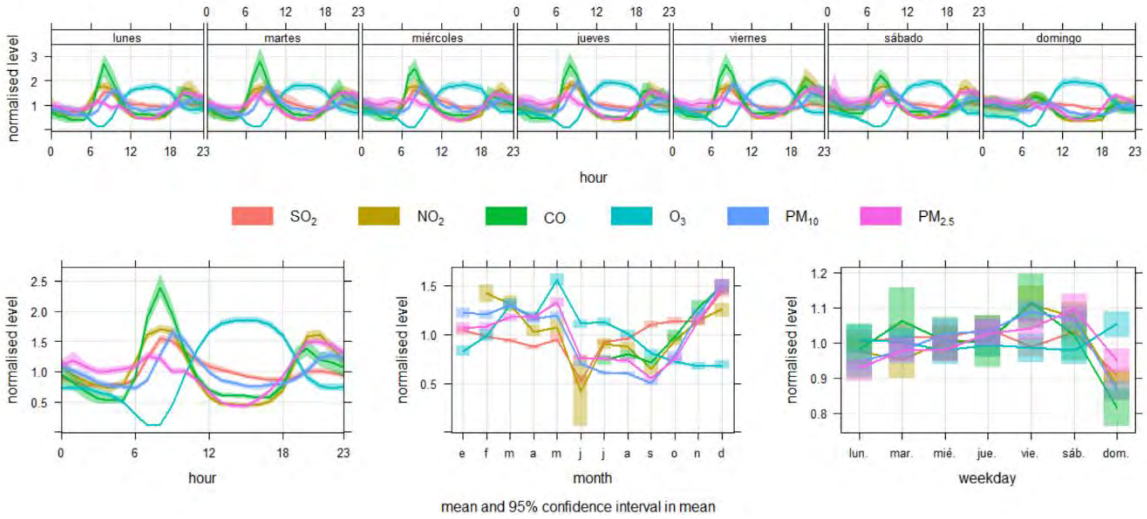


Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Nativitas del municipio de Salamanca en el año 2022.

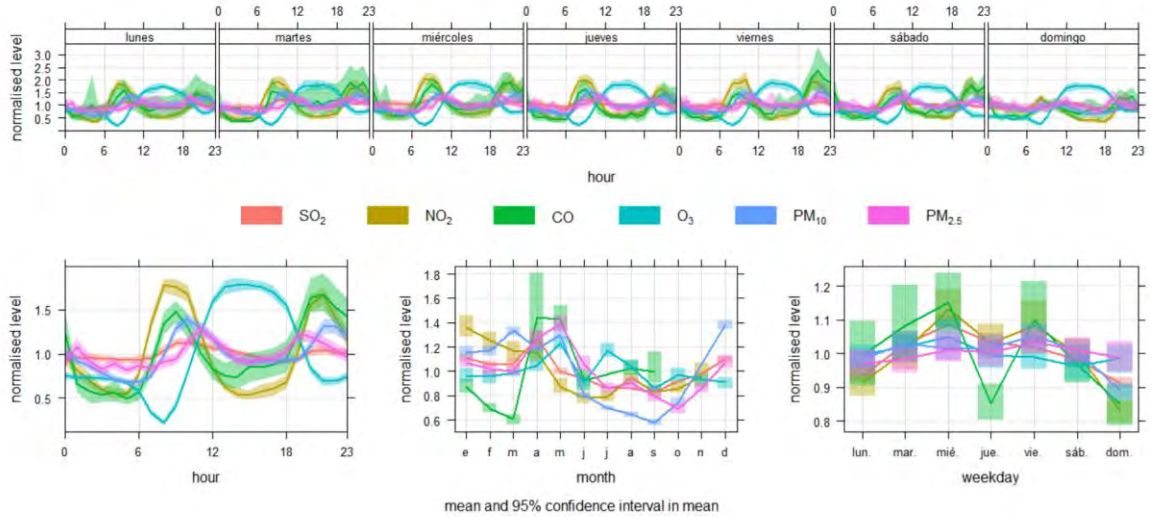
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



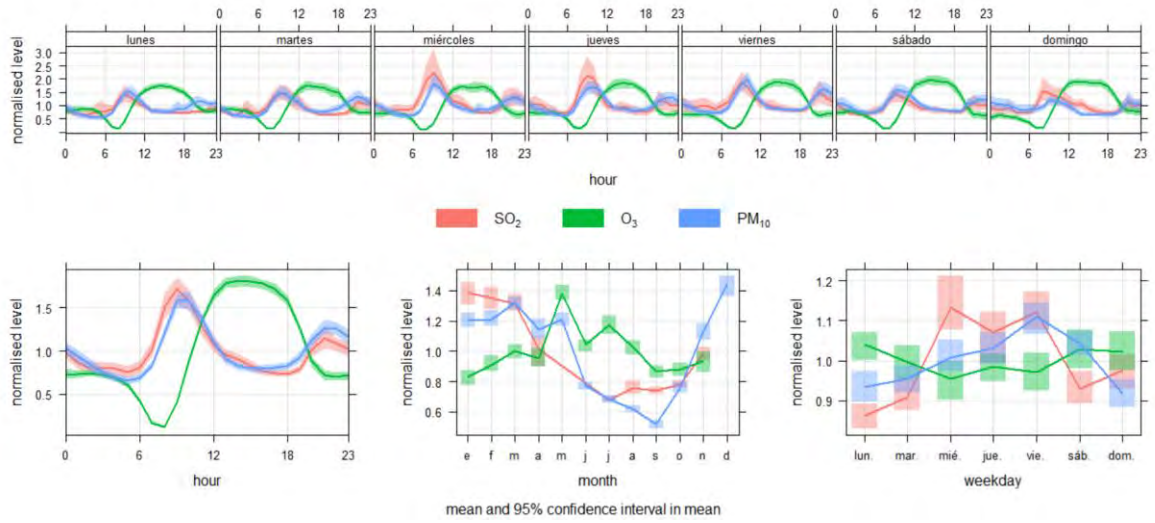
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de DIF del municipio de Salamanca en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



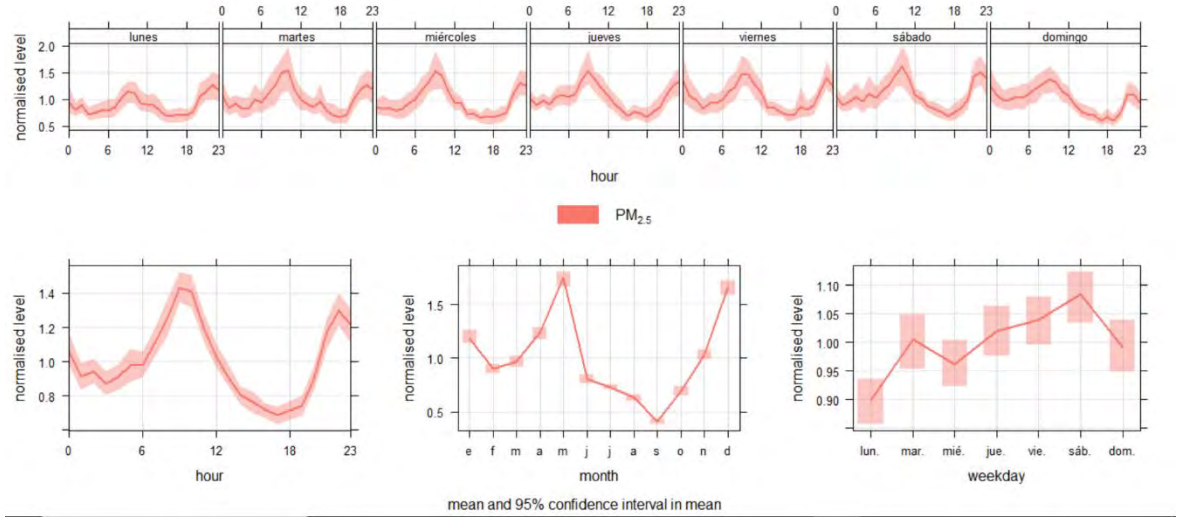
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de CICEG del municipio de León en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



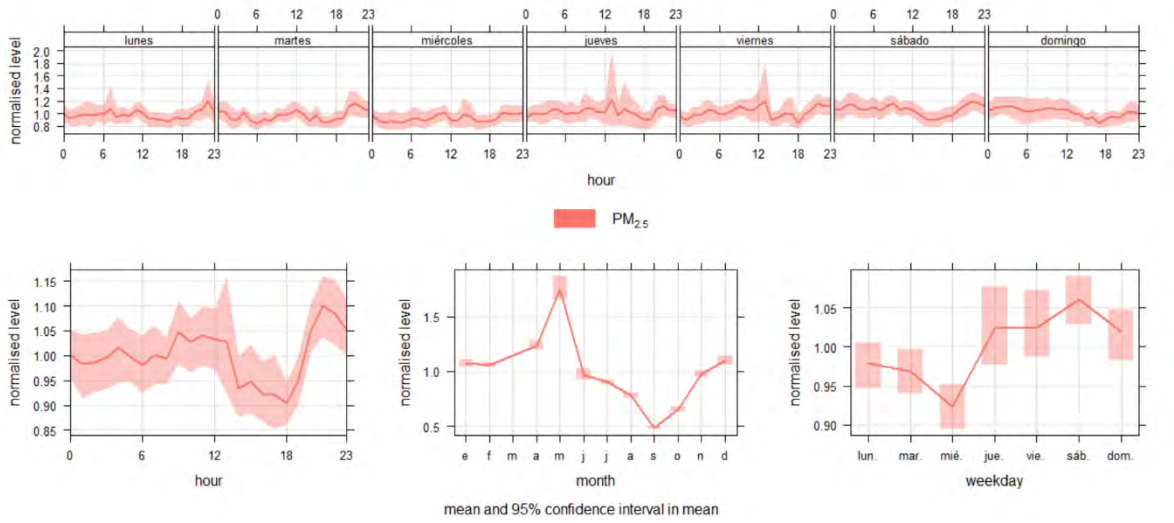
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de Facultad de Medicina del municipio de León en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



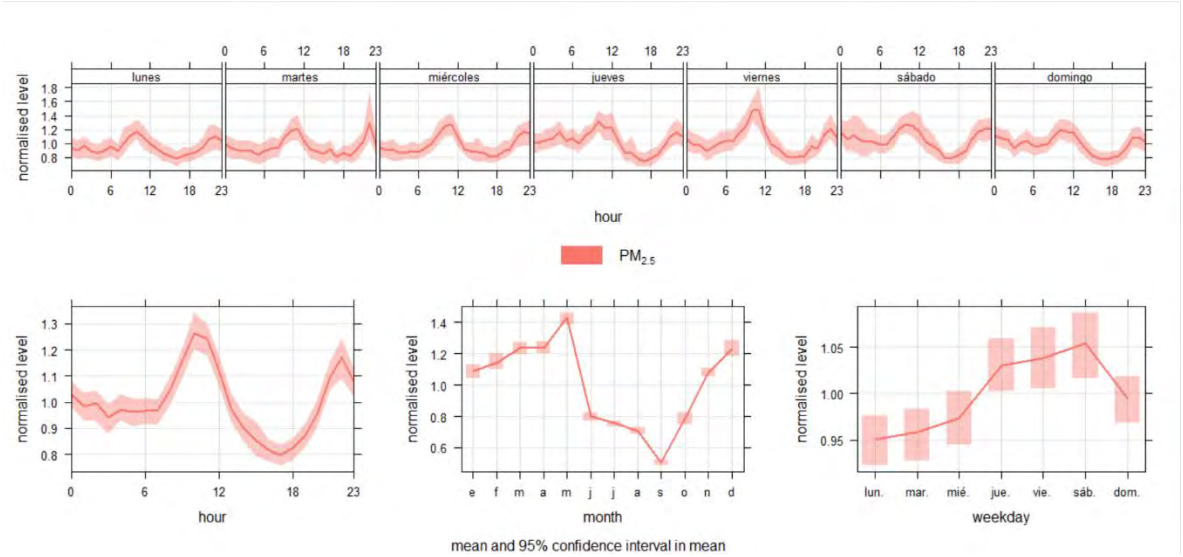
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación de T21 del municipio de León en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



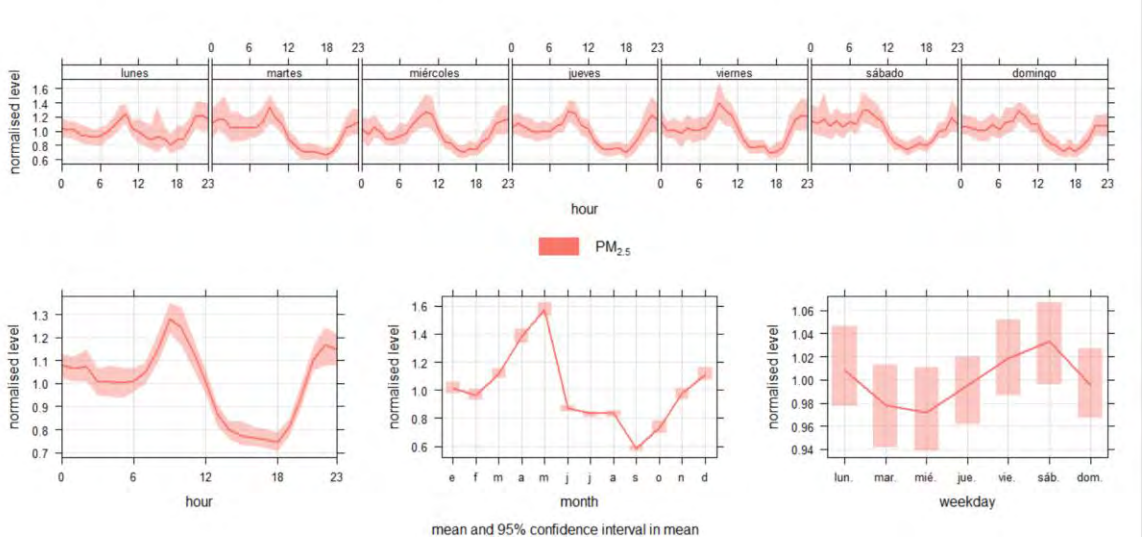
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación del municipio de Abasolo en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



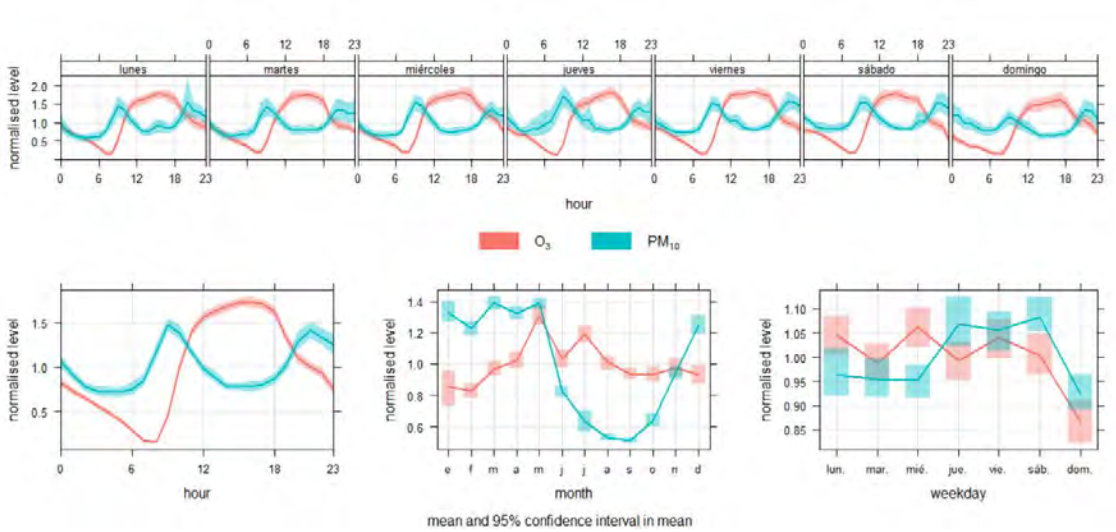
Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación del municipio de Guanajuato en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación del municipio de San Miguel de Allende en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación del municipio de San Luis de la Paz en el año 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.



Variación diurna, semanal y mensual de los contaminantes criterio en la estación del municipio de Purísima del Rincón en 2022.
Fuente: Datos del Centro de información sobre la Contaminación de la Atmósfera de Guanajuato año, SAMA.

ProAire GTO



Secretaría del Agua y Medio Ambiente

2021-2030

CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LLEVAR A CABO LOS ESTUDIOS Y/O TRABAJOS DE PREINVERSIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA DEL PROYECTO DEL TREN DE PASAJEROS "IRAPUATO-GUADALAJARA".

BANCOS DE MATERIALES DEL TRAMO "IRAPUATO - GUADALAJARA".

GEOLOGÍA

Código del Doc.: IG-T00-SDEF-01-V00-INF-PR_GEO-2001.

08/26

REV	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	APROBÓ	FECHA

CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LLEVAR A CABO LOS ESTUDIOS Y/O TRABAJOS DE PREINVERSIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA DEL PROYECTO DEL TREN DE PASAJEROS "IRAPUATO-GUADALAJARA".

BANCOS DE MATERIALES DEL TRAMO "IRAPUATO - GUADALAJARA".

GEOLOGÍA

Código del Doc.: IG-T00-SDEF-01-V00-INF-PR_GEO-2001

REGISTRO DE FIRMAS POR LA DEFENSA

Elaboró	Revisó
Ayudante de Obra.	Jefe de la Mesa de Geotecnia, Geología y Geofísca
_____	_____
Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz Céd. Prof.: 5547177	Myr. I.C Oswaldo Osorio Peñaflor Céd. Prof.: 3248554
Verificó	**Aprobó**
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp. Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"	Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.
_____	_____
Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso	Gustavo Ricardo Vallejo Suárez Céd. Prof.: 1550289

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Índice

I. INTRODUCCIÓN. 7
II. OBJETIVO GENERAL 8
III. ALCANCES. 9
IV. METODOLOGÍA 10
A. TRABAJO DE GABINETE. 10
B. TRABAJO DE CAMPO. 10
a. Sistema de clasificación geomecánico RMR. 16
b. Sistema de clasificación geomecánico GSI. 21
V. MARCO FISIOGRÁFICO 23
A. FISIOGRAFÍA 23
B. HIDROGRAFÍA 26
C. EDAFOLOGÍA, USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 27
D. SISMICIDAD 29
VI. MARCO GEOLÓGICO DE CADA ZONA PROPUESTA COMO POSIBLE BANCO DE MATERIAL. 32
VII. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL 36
VIII. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 39
IX. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES APROVECHABLES/NO APROVECHABLES 40
X. NORMATIVA DE LOS MATERIALES 42
A. Terraplén (N.CMT.1.01/21) 42
B. Subrasante (N.CMT.1.03/21) 43
C. Subbalasto (N.CMT.4.02.001/21) 44
D. Balasto (NOM-003-ARTF-2023) 45
XI. DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES 48
A. Levantamiento Geológico 50
a. Banco “Triturados AGRESA” 50
b. Banco “Agregados de México AGREMEX” 54
c. Banco “TAZ Solution” 58
d. Banco “Triturados Santa Ana” 62
e. Banco “Trituradora Diablo” 66
f. Banco “San José de los Romeros” 70
g. Banco “San Cristóbal” 74

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

h. Banco Gravaltos 78
i. Banco Sacamecate 82
j. Banco Asfaltos Guadalajara (Grupo García Asencio) 86
XII. CONCLUSIONES 90
XIII. RECOMENDACIONES 91
XIV. BIBLIOGRAFÍA. 92

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Defensa 2026, Formato de campo para el registro de los bancos de préstamos de materiales. 12
Ilustración 2. Defensa 2026, Formato de campo para la clasificación geomecánica del macizo rocoso. 13
Ilustración 3. Defensa 2026, Formato de campo para las columnas estratigráficas. 14
Ilustración 4. Defensa 2026, Reporte fotográfico utilizado para cada banco de materiales del tramo Irapuato-Guadalajara. 15
Ilustración 5. Defensa 2026, Trabajos de ejecución en macizo rocoso para la toma de datos estructurales (rumbo y echado) en Banco de Materiales Taz Solution. 21
Ilustración 6. Adaptada de Marinos, et al. 2005, Evaluación de GSI, describe las características del macizo rocoso en función del fracturamiento ya sea muy severo o roca masiva, la variación se da por la correlación de la de la estructura y las condiciones de las superficies de fracturamiento. 22
Ilustración 7. Defensa 2026, Mapa de Provincias Fisiográficas en donde se encuentran ubicados los bancos de materiales. 23
Ilustración 8. Defensa 2026, Mapa de Subprovincias Fisiográficas en donde se encuentran los bancos de materiales. 25
Ilustración 9. Defensa 2026, Mapa de regiones hidrológicas en donde se encuentran los bancos de materiales. 26
Ilustración 10. Regionalizaciones sísmicas del estado de Guanajuato (CFE, 2015). 30
Ilustración 11. Regionalizaciones sísmicas del estado de Jalisco (CFE, 2015). 31
Ilustración 12. Defensa 2026, Mapa de Regionalización Sísmica. 31
Ilustración 13. Arturo Gómez Tuena y otros, 2005, Relaciones entre los principales sistemas de fallas del Mioceno-Cuaternario. 36
Ilustración 14. Defensa 2026, Planta de ubicación de Bancos de Materiales. 48
Ilustración 15. Defensa 2026, Planta de ubicación del Banco de Materiales “AGRESA”. 50
Ilustración 16. Defensa 2026, Banco de Material “AGRESA”, a) reconocimiento del sitio, b) material explotado: basalto; c) frente de excavación, d) área de tratamiento. 52
Ilustración 17. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 53
Ilustración 18. Defensa 2026, Planta de ubicación del banco de materiales Agregados de México AGREMEX. 54
Ilustración 19. Defensa 2026, Banco AGREMEX, a) Niveles de banqueo; b) Frente de excavación; c) Basalto alterado por vetillas de carbonatos; d) Muestra de mano representativa. . 55
Ilustración 20. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 56
Ilustración 21. Planta de ubicación del Banco de Materiales “Taz Solution” (Defensa, 2026). 58

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Ilustración 22. Banco de Material "Taz Solution", a) reconocimiento del sitio, b) material explotado: basalto andesítico; c) frente de excavación, d) toma de datos estructurales (Defensa, 2026). 59
Ilustración 23. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 60
Ilustración 24. Planta de ubicación del Banco de Materiales "Santa Ana" (Defensa, 2026). 62
Ilustración 25. Banco de Material "Santa Ana", a) Frente de excavación, b) material explotado: basalto; c) material intemperizado d) muestra con cloritización (Defensa, 2026). 63
Ilustración 26. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 64
Ilustración 27. Planta de ubicación del Banco de Materiales "Trituradora Diablo" (Defensa, 2026). 66
Ilustración 28. Banco de Material "Trituradora Diablo", a) Vista general del banco, b) Vista frente de excavación norte c) Vista frente de excavación sur, d) Material extraído: roca basalto (Defensa, 2026). 67
Ilustración 29. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 68
Ilustración 30 Planta de ubicación del banco de materiales San José de los Romeros (Defensa, 2026) 70
Ilustración 31. Banco de material San José de los Romeros a) panorámica del banco de material, b) frente de excavación, c) vista a detalle del afloramiento, d) toma de muestra del banco. (Defensa, 2026). 71
Ilustración 32. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 72
Ilustración 33. Planta de ubicación del banco de materiales San Cristóbal (Defensa, 2026). 74
Ilustración 34. Banco de material San Cristóbal a) panorámica del banco de material, b) frente de excavación, c) identificación de minerales, d) toma de muestra. (Defensa, 2026). 75
Ilustración 35. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 76
Ilustración 36. Planta de ubicación del banco de materiales Gravaltos (Defensa, 2026). 78
Ilustración 37. Banco de material Gravaltos a) reconocimiento de sitio, b) frente de excavación, c) vista a detalle del afloramiento, d) toma de datos geomecánicos. (Defensa, 2026). 79
Ilustración 38. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 80
Ilustración 39. Planta de ubicación del banco de materiales Sacamecate (DEFENSA, 2026). 82

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Ilustración 40. Banco de material Sacamecate a) reconocimiento de sitio, b) toma de datos geomecánicos, c) frente de excavación, d) toma de muestra de sitio. (Defensa, 2026). 83
Ilustración 41. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 84
Ilustración 42. Planta de ubicación del banco de materiales Asfaltos Guadalajara (Defensa, 2026). 86
Ilustración 43. Banco de material Asfaltos Guadalajara a) reunión con el concesionario del banco, b) reconocimiento de sitio, c) toma de datos estructurales, d) toma de muestra representativa. (Defensa, 2026). 87
Ilustración 44. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS). 88

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación del macizo rocoso mediante RMR. 16
Tabla 2. Clasificación de la resistencia a la compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo. 17
Tabla 3. Valor en puntos RMR de acuerdo con el rango de la resistencia a la compresión simple. 18
Tabla 4. Valor en puntos RMR de acuerdo con el RQD. 19
Tabla 5. Valor en puntos RMR para el parámetro separación de las discontinuidades. 19
Tabla 6. Valor en puntos RMR para el estado de las discontinuidades según las observaciones de campo. 20
Tabla 7. % de los diversos tipos de suelo en el tramo Irapuato - Guadalajara según CONABIO, 2001. 29
Tabla 8. Estimación de volúmenes aprovechables para bancos de materiales 41
Tabla 9. Normatividad aplicable. 42
Tabla 10. Requisitos de calidad de materiales para terraplén 43
Tabla 11. Requisitos de calidad de materiales para subrasante 44
Tabla 12. Requisitos de calidad de materiales para subbalasto 45
Tabla 13. Valores límites para ensayos de material de balasto 47
Tabla 14. Coordenadas de bancos de materiales. 49

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 16
Ecuación 2 18

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

I. INTRODUCCIÓN.

El Gobierno de México ha retomado su papel estratégico en la operación del sistema ferroviario nacional, impulsando el uso de las vías férreas existentes y nuevas para el transporte de pasajeros. Esta iniciativa busca equilibrar el uso del sistema ferroviario, tradicionalmente destinado al transporte de carga, para incluir también servicios eficientes y sostenibles de pasajeros, con el objetivo de mejorar la movilidad regional, reducir la congestión vial y promover el desarrollo económico del país, así como el turismo.

En noviembre de 2023, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Decreto por el que se declara área prioritaria para el desarrollo nacional, la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en el Sistema Ferroviario Mexicano". Este decreto establece las bases legales y operativas para la reactivación de siete rutas ferroviarias estratégicas, a través de concesiones, asignaciones y proyectos públicos orientados a la movilidad interurbana y regional.

El Proyecto Ferroviario de pasajeros para el Tramo Irapuato–Guadalajara forma parte del eje México-Nogales y busca consolidar una ruta moderna y eficiente que conecte dos importantes polos económicos y demográficos del país: el Bajío y el Occidente.

En este contexto, el conocimiento de las condiciones geológicas del derecho de vía constituye un elemento fundamental para la planeación, diseño y desarrollo del Proyecto Ferroviario del Tramo Irapuato–Guadalajara. Entre estas condiciones se considera la disposición de bancos de materiales que servirán para abastecer al proyecto. Los bancos de materiales en las obras de ingeniería son las excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material para la formación de cuerpos de terraplenes; ampliaciones de las coronas, bermas o tendido de los taludes de terraplenes; capas subyacentes o subrasantes; terraplenes reforzados; rellenos de excavaciones para estructuras o cuñas de terraplenes contiguas a estructuras; capas de pavimento, protección de obras, etc.

Dentro de los estudios preliminares para la construcción del Tren, se considera el análisis de bancos de préstamo de materiales, de suma importancia desde la perspectiva de costo-beneficio, porque desde el inicio del proyecto, garantizan una selección adecuada de los materiales para la construcción de las vías terrestres y férreas en función de factores como: cercanía a la obra, nivel de producción, cumplimiento de entandares de calidad y legalidad de operaciones.

El estudio de los bancos de materiales aledaños al trazo incluyó su búsqueda en los inventarios nacionales de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, los registros del Servicio Geológico Mexicano (SGM) e imágenes satelitales para confirmar su operación mediante levantamientos de campo; estudios de geofísica para determinar el potencial e interpretación de resultados en función del beneficio al proyecto. Se incluye la cuantificación de los volúmenes aprovechables de material, los disponibles y los de ampliación que permitirá tomar decisiones en función de los recursos aprovechables, la ubicación con respecto a las obras y la calidad de la roca, i que resulta fundamental para el éxito del proyecto y su sostenibilidad a largo plazo.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

II. OBJETIVO GENERAL

Identificar los bancos de materiales con potencial de aprovechamiento para el suministro de las obras de infraestructura ferroviaria, proporcionando la información necesaria para la correcta selección de las minas de rocas dimensionables que satisfagan los requerimientos del proyecto, mediante estudios de exploración geológica y la caracterización de sus propiedades, con el propósito de verificar su aptitud y cumplimiento con las especificaciones técnicas y la normatividad aplicable.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Localizar los bancos de materiales, en un radio de 10 km con respeto al eje del trazo, para evitar pagos por sobre acarreos.

2. Verificar el estatus operativo de los bancos de materiales seleccionados, a fin de considerarlos en primera instancia para el suministro del proyecto.

3. Caracterizar los materiales producidos en cada banco, se definirá la técnica de explotación, estimaran los volúmenes aprovechables, de desperdicio y de despalme, así como los posibles usos.

4. Determinar las condiciones geomecánicas y estructurales del macizo rocoso para evaluar la calidad del material mediante la clasificación RMR y definir la orientación óptima de los frentes de excavación.

5. Definir los espesores de la columna litológica de cada banco de materiales a partir de los resultados de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y Tomografía de Refracción Sísmica (TRS).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

III. ALCANCES.

El levantamiento de posibles bancos de materiales para el abastecimiento de la construcción es un elemento fundamental que los estudios de Preinversión, considerarán con base a los requerimientos técnicos del proyecto, evaluando el tipo de recurso que podrían proporcionar, los volúmenes aprovechables, la proximidad al trazo y estado actual. con el fin de optimizar aspectos logísticos y económicos.

El presente informe caracterizará los bancos de materiales que se encuentran en las inmediaciones del trazo propuesto, el cual abarca una extensión de 284.73 km distribuidos a lo largo de 15 municipios correspondientes a los estados de Guanajuato y Jalisco.

En el plazo establecido para el desarrollo de la Ingeniería Básica y en apego a los Términos de Referencia, así como a los lineamientos para la Ingeniería Básica emitidos por parte de Defensa; se desarrollarán una serie de documentos técnicos, basados principalmente en la localización con respecto al trazo, material explotable, usos, volúmenes disponibles, de levantamientos en campo y de resultados de Geofísica, esto con la finalidad de corroborar la información proporcionada por los encargados de las minas.

El análisis de bancos de materiales apropiados para el Tren de pasajeros Irapuato-Guadalajara contempla localizar bancos de materiales que se encuentren a una distancia igual o menor a 10 km en relación al eje del trazo, a fin de optimizar acarreos y evitar sobrecostos; confirmar la explotación actual y el estatus de las concesiones; con base en los resultados de los estudios geofísicos, determinar el volumen aprovechable de cada banco; y de acuerdo a las necesidades del proyecto, establecer el posible uso de los materiales explotados de forma tal que, respalde la toma de decisiones en etapas subsecuentes de diseño y construcción del proyecto.

Además, se considera el desarrollo de una campaña de exploración geofísica en bancos, donde se considera el levantamiento de Tomografías de Resistividad Eléctrica (TRE) y Tomografías de Refracción Sísmica (TRS) en cada sitio para confirmar espesores de la columna litológica y volúmenes aprovechables.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

IV. METODOLOGÍA

El método de trabajo empleado para el desarrollo del presente informe se estructuró en dos fases principales, integradas por una serie de actividades orientadas a identificar y caracterizar posibles bancos de materiales aledaños al trazo. La primera fase consistió en la búsqueda de bancos de rocas dimensionables para la región de trazo, en los inventarios nacionales, cartas geológico-mineras e imágenes satelitales. Se analizaron las fichas técnicas disponibles con la finalidad de considerar sólo los bancos de materiales que aporten materiales para la constitución de los terraplenes y/o la plataforma. Posterior a los levantamientos en campo se contempló una segunda etapa de trabajos de gabinete con el procesado de los datos adquiridos y la incorporación de los resultados de geofísica.

La segunda fase consistió en el trabajo de campo, que incluyó visitas a los posibles bancos de materiales con el propósito de recabar la información técnica necesaria para analizar las características de cada sitio y determinar su viabilidad, confirmándolos o descartándolos como posibles fuentes de suministro para el proyecto.

A. TRABAJO DE GABINETE.

A partir de los datos obtenidos en el Inventario de Bancos de Materiales de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) e información del Servicio Geológico Mexicano (SGM), mediante las Cartas Geológico-Minera, la cual, en conjunto con el análisis de imágenes satelitales de Google Earth, permitió identificar posibles bancos de materiales en las inmediaciones del trazo. Del listado de bancos inicial se realizó una segunda búsqueda para recabar información sobre el material de producción, usos, producción diaria, vida del banco, volúmenes disponibles, estatus de la concesión y permisos, posibilidades de generación.

Una vez que se concluyó el trabajo de campo, se reanudo el trabajo de gabinete donde se inició con el vaciado de la información recopilada en las bases de datos y los formatos anexos (reporte de estaciones geomecánicas, registros de campo, reporte de columna litológica y reporte fotográfico). Una vez que se contó con todos los parámetros iniciales registrados se procedió a la elaboración de las columnas litológicas y planos. Con todos los insumos concluidos se inició la redacción del informe de banco de materiales y el cálculo de volúmenes para con ello terminar la generación de los entregables.

B. TRABAJO DE CAMPO.

El listado de posibles bancos abastecedores proporcionó las bases para el diseñó de las campañas de exploración geológica y geofísica con la finalidad de evaluar el estado actual de los sitios identificados, corroborar su existencia, accesibilidad y condiciones de aprovechamiento. Los levantamientos geológicos de las posibles fuentes de suministro se llevaron a cabo considerando que los materiales pétreos cumplirían con las especificaciones de calidad requeridas para el proyecto, se describió la litología, se definieron las estructuras (en caso de existir), se realizó la caracterización geomecánica y se recabaron datos de operación-producción. La campaña de

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

exploración geofísica contempló el levantamiento de 1 tendido de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y 1 tendido de Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) en cada banco de materiales, con el fin de definir la columna litológica y los espesores.

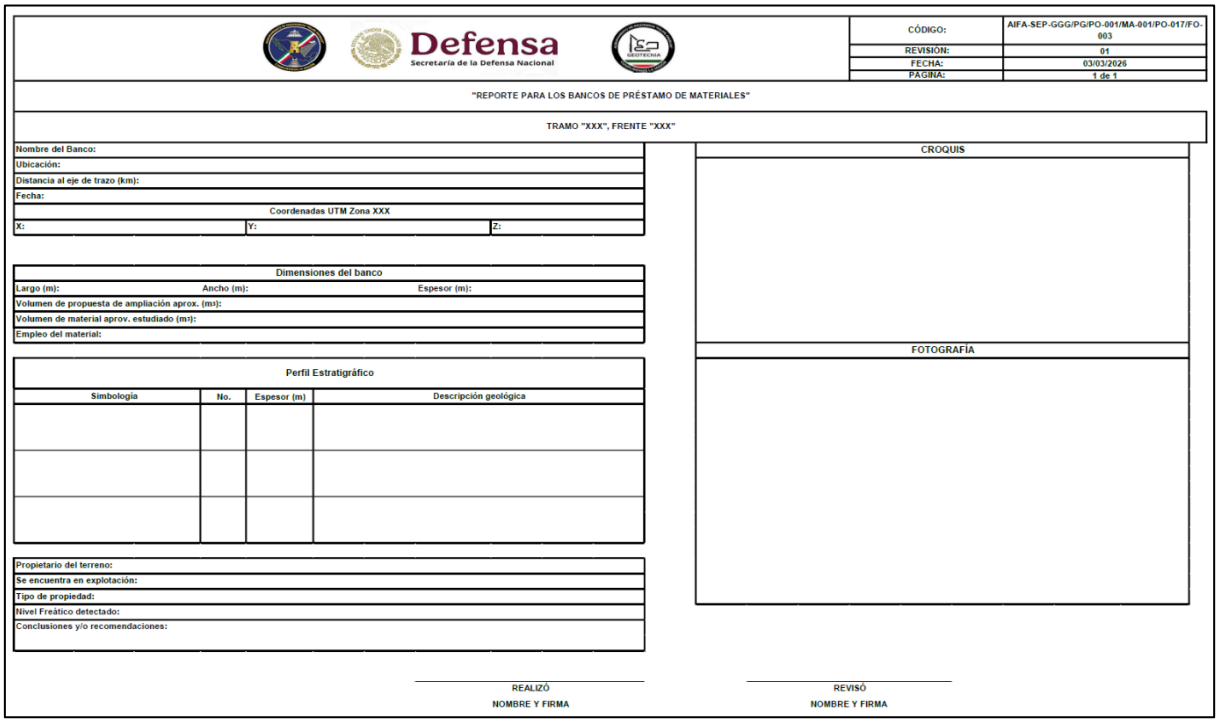
Durante los levantamientos de campo se identificaron bancos con materiales de distintos orígenes (tanto ígneos como sedimentarios), se recomienda que, en los bancos factibles durante la etapa de ingeniería a detalle, se realice, una segunda campaña de exploración para el muestreo de los materiales con el objetivo de someterlas a pruebas de calidad de acuerdo a la normativa aplicable para pedraplén (N·CMT·1·05/23), terraplén (N·CMT·1·01/21), subrasante (N·CMT·1·03/21), subbalasto (IMT, 1991), subbase (N·CMT·4·02·001/21), base hidráulica (N·CMT·4·02·002/22), agregados para concreto hidráulico (N·CMT·2·02·002/19) y material para revestimiento (N·CMT·4·01/02), según corresponda.

Con la información recabada se podrán tomar decisiones en las etapas subsecuentes del proyecto, respecto a la viabilidad técnica y económica de cada banco, priorizando aquellos bancos ubicados a menor distancia del trazo, con el fin de optimizar el suministro y reducir los costos asociados al acarreo.

A partir de los datos adquiridos durante los levantamientos de campo se generó una base de datos preliminar donde se registró el avance de las campañas en campo.

Para la entrega de resultados se recopilaron los datos solicitados por la Secretaria de la Defensa Nacional (Defensa) en los 4 formatos estandarizados de levantamientos geológicos en campo. El primer formato corresponde a la ficha de identificación del banco de material, el segundo al reporte de estación geomecánica generado en cada banco de material; de manera consecutiva se tiene el reporte de la columna de litológica y por último el registro fotográfico.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



Defensa
Secretaría de la Defensa Nacional

CÓDIGO:	AIFA-SEP-GGG/PG/PO-001/MA-001/PO-017/FO-003
REVISIÓN:	01
FECHA:	03/03/2026
PAGINA:	1 de 1

"REPORTE PARA LOS BANCOS DE PRÉSTAMO DE MATERIALES"

TRAMO "XXX", FRENTE "XXX"

Nombre del Banco:		
Ubicación:		
Distancia al eje de trazo (km):		
Fecha:		
Coordenadas UTM Zona XXX		
X:	Y:	Z:

CROQUIS

Dimensiones del banco		
Largo (m):	Ancho (m):	Espesor (m):
Volumen de propuesta de ampliación aprox. (m³):		
Volumen de material aprov. estudiado (m³):		
Empleo del material:		

FOTOGRAFÍA

Perfil Estratigráfico

Simbología	No.	Espesor (m)	Descripción geológica

Propietario del terreno:	
Se encuentra en explotación:	
Tipo de propiedad:	
Nivel Freático detectado:	
Conclusiones y/o recomendaciones:	

REALIZÓ
NOMBRE Y FIRMA

REVISÓ
NOMBRE Y FIRMA

Ilustración 1. Defensa 2026, Formato de campo para el registro de los bancos de préstamos de materiales.

La ficha de identificación, o reporte para los bancos de préstamo de materiales corresponde al formato de registro de campo en el que se recopila la información principal de cada banco de material. Esta ficha técnica incluye datos esenciales como el nombre del banco de material, su ubicación, así como sus coordenadas UTM, la distancia al eje del trazo, las dimensiones del banco, el tipo de material explotado y sus aplicaciones en la industria. Asimismo, contiene el perfil litológico e información general, como el nombre del propietario, el tipo de propiedad, un croquis de ubicación, así como un apartado donde se puedan colorar conclusiones y recomendaciones (Ilustración 1).

El segundo formato (ver Ilustración 2) corresponde al reporte para la clasificación geomecánica del macizo rocoso que constituye el banco de material, donde se describen las características geomecánicas observadas en campo de cada banco evaluado. La ficha técnica incluye el ID del banco, las coordenadas UTM y la ubicación, así como los datos de clasificación geomecánica para macizos rocosos con base en la clasificación RMR y GSI, determinada a partir de parámetros como la Resistencia a la Compresión Simple en campo (RCS), la Designación de la Calidad de la Roca (RQD), así como el estado del sistema principal de discontinuidades. Otro aspecto importante de este segundo formato es que incorpora la información estructural obtenida en campo, incluyendo la orientación de los planos de fractura, su análisis estereográfico, un croquis de ubicación y un esquema representativo del banco de material, en el que se ilustran la litología y las principales estructuras geológicas presentes.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

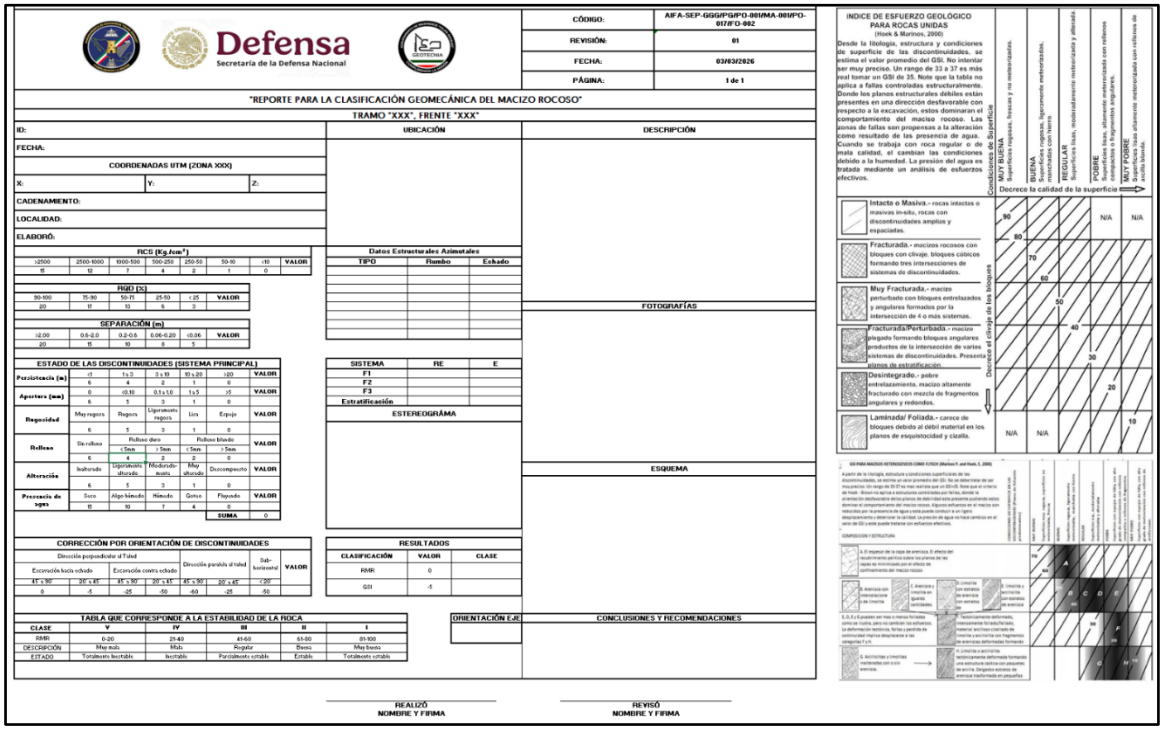


Ilustración 2. Defensa 2026, Formato de campo para la clasificación geomecánica del macizo rocoso.

El tercer formato (Ilustración 3) corresponde al reporte para la descripción de columnas estratigráficas que contiene ID del banco, coordenadas UTM, croquis de ubicación e información esencial sobre las características litológicas del sitio como la altura y el espesor de las unidades litológicas, la columna estratigráfica, las unidades que lo conforman, la descripción general del banco de materiales, así como de cada unidad litológica en la que se describe, la textura y el tipo de contacto observado entre las diferentes unidades.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Defensa Secretaría de la Defensa Nacional	CÓDIGO:	AIFA/SEP/GGG/PG/PO-001/MA-001/FO-004
	REVISIÓN:	01
	FECHA:	03/03/2026
	PÁGINA:	1 de 1

"REPORTE PARA LA DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS"

TRAMO "XXX", FRENTE "XXX"

ID:	Altura [m]	Columna	Estructuras	Unidad	Litología	Espesor [m]	Descripción	Granulometría y/o Textura	Tipo de Contacto
Fecha:									
Coordenadas UTM Zona XXX									
X: Y: Z:									
Localidad:									
Cadenamiento:									
Croquis									
Fotografía									

REALIZÓ
NOMBRE Y FIRMA

REVISÓ
NOMBRE Y FIRMA

Ilustración 3. Defensa 2026, Formato de campo para las columnas estratigráficas.

De manera general, los tres formatos anteriores permitieron generar un registro de la información en campo que posteriormente fue, el material que se extrae, así como sus posibles usos; además de mostrar su cercanía al eje del trazo.

Por último, el cuarto formato (Ilustración 4) corresponde al registro fotográfico donde se presentan las imágenes representativas de los bancos de materiales, así como de las actividades realizadas en sitio. Este formado complementa la información contenida en los apartados anteriores ya que permite establecer una relación directa entre las descripciones técnicas con ilustraciones graficas del sitio. De esta manera, las ilustraciones graficas, o figuras, contribuyen a una mejor compresión de las condiciones del banco de material, sus características y las actividades realizadas en sitio, dando claridad y sustento a la información presentada.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Defensa Secretaría de la Defensa Nacional	CÓDIGO:	AIFA-SEP-GGG/PG/PO-001/MA-001/FO-001
	REVISIÓN:	01
	FECHA:	03/03/2026
	PÁGINA:	1 de 1

"REPORTE FOTOGRÁFICO"	
TRAMO "XXX", FRENTE "XXX", ID "XXX"	
Figura 1. XXX.	Figura 2. XXX.
Figura 3. XXX.	Figura 4. XXX.

REALIZÓ
NOMBRE Y FIRMA

REVISÓ
NOMBRE Y FIRMA

Ilustración 4. Defensa 2026, Reporte fotográfico utilizado para cada banco de materiales del tramo Irapuato-Guadalajara.

Para cada estación geomecánica identificada en el tramo Irapuato – Guadalajara, se emplearon dos sistemas de clasificación geomecánica que evalúan la calidad de los macizos rocosos: el sistema de clasificación geomecánico RMR (Rock Mass Rating) y GSI (Geological Strength Index), los cuales se describen a continuación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

a. Sistema de clasificación geomecánico RMR.

El sistema RMR es una clasificación geomecánica de macizos rocosos que no requiere un factor de corrección in situ. Fue desarrollado por Bieniawski en 1973 y su última actualización ocurrió en 1989 donde se modificó la evaluación de las discontinuidades subhorizontales. Este método considera la resistencia de la roca intacta, el índice RQD, las condiciones de las discontinuidades y los parámetros hidrogeológicos para determinar la calidad del macizo rocoso (Bieniawski, 1989), como se muestra en la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$RMR = P(RCS) + P(RQD) + P(s) + P(JC) + P(WC) + P(OJ)$$

Donde:

- P (RCS) Resistencia de la roca.
- P (RQD) Rock Quality Designation.
- P (S) Separación de discontinuidades.
- P (JC) Condición de discontinuidades.
- P (WC) Condiciones hidrológicas.
- P (OJ) Ajuste por orientación de las juntas.

Los parámetros geomecánicos que expresan el comportamiento del macizo rocoso se representa mediante el índice RMR (Rock Mass Rating), con valores que va de 0 a 100 y permite evaluar la calidad del macizo rocoso para su uso en obras de ingeniería civil (Bieniawski, 1989). A partir del puntaje obtenido mediante la ecuación del RMR (Ecuación 1), el macizo se clasifica con base en el rango de valores que se muestran en la TABLA 1

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO MEDIANTE RMR.

CLASE	V	IV	III	II	I
RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
DESCRIPCIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy Buena
ESTADO	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable

A continuación, se describen brevemente cada uno de los parámetros que constituyen los valores empleados para el cálculo del RMR para clasificación del macizo rocoso.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Resistencia a compresión simple.

La resistencia a la compresión simple (RCS) refiere al esfuerzo máximo que soporta el material antes de su rotura. En el levantamiento de campo, este parámetro se estimó con base en la metodología propuesta por la International Society for Rock Mechanics (ISRM, 1981), se empleó el golpeteo con un martillo de geólogo sobre la matriz rocosa y, a partir de lo observado, se correlaciona el resultado con la TABLA 2, en donde se proyecta estimaciones aproximadas del RCS para suelos y rocas.

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO.

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	RANGO APROX. DE COMPRESIÓN SIMPLE (KG/cm^2)
S_1	Arcilla muy blanda.	El puño penetra fácilmente varios cm.	<0.25
S_2	Arcilla débil.	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0.25 a 0.50
S_3	Arcilla firme.	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0.50 a 1.00
S_4	Arcilla rígida.	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	1.00 a 2.50
S_5	Arcilla muy rígida.	Con cierta presión puede marcarse la uña.	2.50 a 5.00
S_6	Arcilla dura.	Se marca con dificultad al presionar la uña.	>5.00
R_o	Roca extremadamente blanda.	Se puede marcar con la uña.	2.5 a 10
R_1	Roca muy blanda.	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	10 a 50
R_2	Roca blanda.	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	50 a 250
R_3	Roca moderadamente dura.	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	250 a 500
R_4	Roca dura.	Se requiere más de un golpe fuerte con el martillo para fracturarse.	500 a 1000
R_5	Roca muy dura.	Se requieren muchos golpes fuertes del martillo para poder fracturarse.	1000 a 2500
R_6	Roca extremadamente dura.	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	>2500

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Una vez estimada en campo la resistencia a la compresión simple (RCS), el valor obtenido se compara con los rangos de resistencia establecidos en la clasificación RMR para asignar la ponderación correspondiente a la RCS, la cual constituye uno de los parámetros que integran el cálculo del índice RMR y contribuye a la evaluación de la calidad geomecánica del macizo rocoso (ver TABLA 3).

TABLA 3. VALOR EN PUNTOS RMR DE ACUERDO CON EL RANGO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.

Valor Kg/cm^2	**>2500**	**2500-1000**	**1000-500**	**500-250**	**250-50**	**50-10**	**<10**
Puntos RMR	15	12	7	4	2	1	0

RQD: Rock Quality Designation (Índice de calidad de la roca).

El índice RQD es un parámetro que evalúa el grado de fracturamiento de un macizo rocoso y constituye un indicador fundamental para su caracterización geomecánica. Este índice permite clasificar la roca en función de la frecuencia de las discontinuidades presentes en el macizo.

Originalmente el índice RQD surgió para evaluar testigos de sondeos (núcleos de roca) expresando el porcentaje total recuperando, tomando en cuenta únicamente fragmentos con longitudes de 10 cm o más. Sin embargo, posteriormente se adaptó para su estimación directa en afloramientos, sin necesidad de realizar sondeos.

Existen fórmulas que permiten estimarlo mediante relaciones empíricas basadas en el conteo de discontinuidades. En este estudio se empleó la ecuación propuesta por Palmström (1974), que calcula el RQD en función del número de discontinuidades por metro cúbico del afloramiento o del área de interés (ver Ecuación 2).

Ecuación 2

$$RQD = 115-(3.3)\,Jv$$

Dónde:

- Jv = número de fisuras por metro cúbico

La variable Jv se calcula sumando el número de discontinuidades por metro que interceptan, de manera independiente, cada uno de los tres ejes de un cubo imaginario dentro del macizo rocoso. Debe considerarse que una misma discontinuidad o fisura no puede contabilizarse en más de un eje; es decir, si una discontinuidad intersecta los ejes X - Y, únicamente se registrará en uno de ellos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Para obtener una mayor precisión, se mide la longitud correspondiente en cada eje y posteriormente se determina el número de discontinuidades por metro. Obtenido el RQD, se procede a comprarle con el rango de valores de la TABLA 4 para asignarle un valor que permitirá correlacionarlo con el RMR.

TABLA 4. VALOR EN PUNTOS RMR DE ACUERDO CON EL RQD.					
ROD %	**90-100**	**75-90**	**50-75**	**25-50**	**<25**
Puntos RMR	20	17	13	6	3

Separación de discontinuidades

La separación entre discontinuidades se determina directamente en el afloramiento mediante la medición, en metros, de la distancia entre discontinuidades pertenecientes a una misma familia, sobre una misma línea de estudio. Este procedimiento se realiza para cada una de las familias identificadas, ya que cada una presenta una orientación y un espaciamiento característicos; sin embargo, para la evaluación del RMR únicamente se considera el sistema de discontinuidades más representativo o dominante. El valor obtenido se compara con los rangos establecidos en la TABLA 5 para asignar la puntuación correspondiente.

TABLA 5. VALOR EN PUNTOS RMR PARA EL PARÁMETRO SEPARACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.					
SEPARACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.	**>2**	**0.6 – 2.0**	**0.2 – 0.6**	**0.06 – 0.2**	**<0.06**
Puntos	20	15	10	8	5

Estado de las discontinuidades.

Este apartado toma en consideración una serie de factores que permiten evaluar el estado de las discontinuidades a partir de las características que las componen:

- Persistencia: Mide la longitud de las discontinuidades en el macizo rocoso.
- Abertura: referida a la separación entre las paredes de una fractura.
- Rugosidad: Mide la aspereza de las paredes de las fracturas o discontinuidades en el macizo rocoso, influye en la resistencia al corte de la discontinuidad.
- Relleno: hace referencia a si la discontinuidad presenta relleno blando, duro o bien está cerrada, de ser relleno el que se observe, se deberá especificar qué tipo de relleno es, describiendo si es arcilla, limos, arenas, minerales o roca triturada.
- Alteración: refiere al grado de alteración de la matriz rocosa sobre el plano de discontinuidad.
- Presencia de agua: indica la existencia de agua propia del sitio en las discontinuidades, debe tomarse en cuenta que la presencia de este fluido debe ser propia del sitio.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Los valores asignados a estas características del estado de discontinuidad se presentan en la TABLA 6, por último, cada uno de estos valores se sumarán para obtener un valor final que será esencial para la obtención de la clasificación RMR del macizo rocoso.

TABLA 6. VALOR EN PUNTOS RMR PARA EL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES SEGÚN LAS OBSERVACIONES DE CAMPO.

PERSISTENCIA (M)	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20	>20
PUNTOS RMR	6	4	2	1	0
APERTURA (MM)	0	<0.10	0.1 a 1.0	1 a 5	>5
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Espejo
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
RELLENO	Sin relleno	Relleno duro		Relleno blando	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
PUNTOS RMR	6	4	2	2	0
ALTERACIÓN.	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterada	Muy alterado	Descompuesto
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
PRESENCIA DE AGUA.	Seco	Algo Húmedo	Húmedo	Goteo	Fluyendo
PUNTOS RMR	15	10	7	4	0

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Toma de datos estructurales

Dentro de la caracterización del macizo rocoso, es necesario conocer el comportamiento estructural que este presenta, para ello se realiza la toma de datos estructurales siguiendo el criterio de Rumbo de Echado/Echado (RE/R). El rumbo se determina midiendo con la brújula la dirección horizontal de la superficie geológica. Por otro lado, el echado se obtiene, con apoyo del cronometro de la brújula, midiendo la máxima pendiente, o inclinación, de la superficie, la cual es perpendicular a la dirección del rumbo. En la Ilustración 5, se observa la identificación del macizo rocoso para su posterior evaluación.



Ilustración 5. Defensa 2026, Trabajos de ejecución en macizo rocoso para la toma de datos estructurales (rumbo y echado) en Banco de Materiales Taz Solution.

b. Sistema de clasificación geomecánico GSI.

El índice de resistencia geológica (GSI) es un sistema de clasificación que caracteriza las propiedades geomecánicas del macizo rocoso mediante la evaluación visual de sus características geológicas en campo (Marinos, et al., 2005). Este método se desarrolló para estimar las propiedades de la roca intacta, especialmente en macizos de baja calidad con valores de RMR menores a 20.

La evaluación del GSI se basa en la observación de la estructura del macizo y del estado de sus discontinuidades, considerando aspectos como el grado de alteración y meteorización, el nivel de fracturamiento y la disposición de las juntas. El índice varía entre 1 y 100, donde los valores bajos representan macizos muy fracturados y meteorizados, mientras que los valores altos corresponden a macizos de mejor calidad y con menor fracturación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



Ilustración 6. Adaptada de Marinos, et al. 2005, Evaluación de GSI, describe las características del macizo rocoso en función del fracturamiento ya sea muy severo o roca masiva, la variación se da por la correlación de la de la estructura y las condiciones de las superficies de fracturamiento.

La determinación del GSI se realiza mediante una carta de clasificación que evalúa, por un lado, la estructura del macizo y, por otro, las condiciones de las discontinuidades. La intersección de ambos criterios permite obtener el valor del índice. La Ilustración 6 presenta la carta de caracterización del macizo rocoso, adaptada de Marinos, Marinos y Hoek (2005).

Una vez concluidas las actividades de campo, se procede al análisis de la información recopilada, las cuales se enfocan en la elaboración de los anexos y base de datos, para continuar con el informe de bancos de materiales. Dentro del análisis se deberán realizar una propuesta con los bancos con generación de balasto, que se consideren las cercanías al trazo, producción y calidad, para someterse a estudios de calidad.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

V. MARCO FISIOGRÁFICO

A. FISIOGRAFÍA

El territorio mexicano presenta una notable diversidad fisiográfica, resultado de una compleja evolución geológica y tectónica que ha dado origen a una amplia variedad de formas del relieve. Esta heterogeneidad topográfica convierte a México en uno de los países con mayor riqueza geomorfológica a nivel mundial y favorece una importante disponibilidad de recursos naturales. Asimismo, las características del relieve ejercen una influencia directa sobre las condiciones climáticas, la formación y distribución de los suelos, la cobertura vegetal y, en consecuencia, sobre el desarrollo de las actividades económicas y sociales (INEGI, 2003).

Con el propósito de organizar y describir esta diversidad del relieve, el territorio nacional ha sido dividido en grandes unidades geomorfológicas denominadas provincias fisiográficas, definidas principalmente con base en criterios morfoestructurales y de origen geológico (Ilustración 13). Estas unidades comprenden los principales sistemas montañosos, extensas mesetas y regiones de tierras bajas que conforman el paisaje del país (Lugo, Hubp & Córdova, 1991).

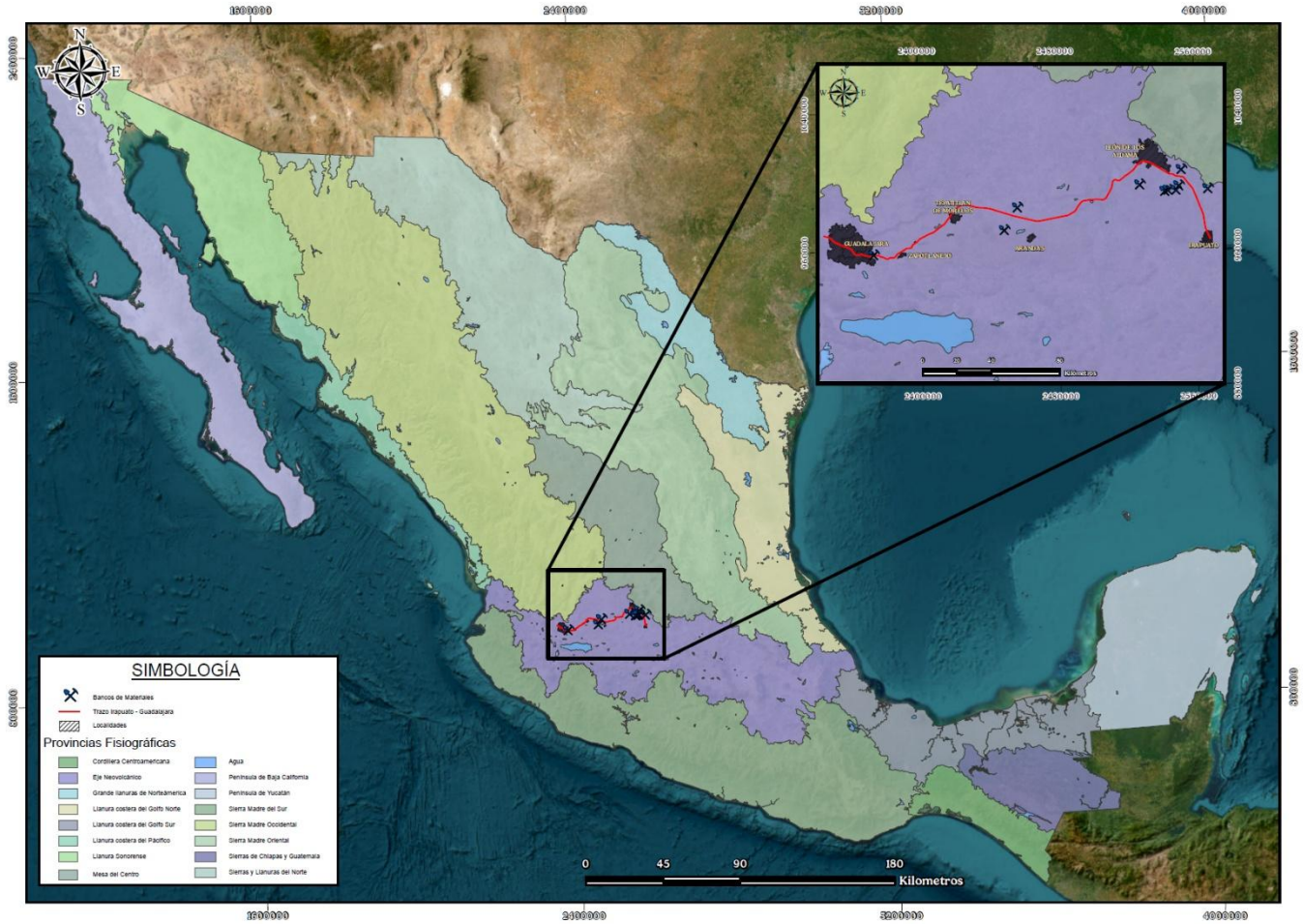


Ilustración 7. Defensa 2026, Mapa de Provincias Fisiográficas en donde se encuentran ubicados los bancos de materiales.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El trazado ferroviario Irapuato – Guadalajara y en consecuencia los posibles bancos de materiales aledaños al trazo, se ubican principalmente en la provincia fisiográfica de FVTM (Franja Volcánica Transmexicana), desde el punto de vista geológico, la FVTM constituye un cinturón volcánico de edad cenozoica, cuyo desarrollo más reciente ocurrió entre el Pleistoceno tardío y el Holoceno como consecuencia de la subducción de la placa de Cocos bajo la placa Norteamericana (Morán-Zenteno, 1984); Se extiende de manera transversal a lo largo del territorio nacional, aproximadamente sobre el paralelo 20° N, y está integrada por numerosas estructuras volcánicas compuestas por rocas cuya composición varía desde basaltos hasta riolitas, producto de múltiples episodios de vulcanismo efusivo y explosivo (Defensa, 2019).

Las geoformas presentes en la FVTM abarcan edades que van desde el inicio del Neógeno hasta depósitos recientes, e incluyen extensas sierras volcánicas, coladas de lava, conos monogenéticos aislados y agrupados, volcanes en escudo de composición basáltica, así como depósitos de ceniza y materiales piroclásticos, configurando un relieve de gran complejidad geomorfológica (Defensa, 2019).

Dentro de esta provincia se localizan numerosos edificios volcánicos de diferentes dimensiones y estados de actividad. Entre los principales estratovolcanes, distribuidos de oriente a occidente, destacan el Tancítaro, el Xinantécatl (Nevado de Toluca), el Iztaccíhuatl, el Matlalcuéyetl (La Malinche) y el Citlaltépetl (Pico de Orizaba), considerados algunos de los rasgos fisiográficos más representativos de la región (García- Palomo, et al., 2002).

Asimismo, la FVTM alberga volcanes con actividad reciente, entre los que sobresalen el Popocatépetl y el Volcán de Colima. El primero mantiene una actividad caracterizada por emisiones fumarólicas, sismicidad y episodios eruptivos recurrentes, mientras que el segundo ha registrado diversos periodos de intensa actividad durante las últimas décadas, siendo ambos los sistemas volcánicos más activos del país (García- Palomo, et al., 2002).

Los bancos de materiales se encuentran principalmente en la Faja Volcánica Transmexicana, que colinda al Norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa del Centro, la Sierra Madre Oriental, y la Llanura Costera del Golfo Norte; al Sur con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur (ver Ilustración 11). Por el Oeste llega al Océano Pacífico y por el Este hasta el Golfo de México (INEGI, 2001). Esta comprende parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Distrito Federal, Hidalgo; Puebla, y Veracruz (Defensa, 2019).

A una escala fisiográfica más detallada, esta provincia se subdivide en diversas subprovincias, las cuales agrupan unidades del relieve con características geomorfológicas, estructurales y evolutivas más específicas (Ilustración 8).

En el área de influencia del proyecto destacan las subprovincias Bajío Guanajuatense y Altos de Jalisco. La primera se distingue por el predominio de derrames basálticos, la presencia de numerosos edificios volcánicos y antiguos cuerpos lacustres, cuya disposición espacial y morfología se asocian a un sistema de fosas tectónicas, razón por la cual también se le conoce como la Zona de

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Fosas Tectónicas. En esta subprovincia predominan las llanuras aluviales profundas y los lomeríos vinculados a mesetas de origen volcánico (CONAGUA, 2024).

Por su parte, la Subprovincia Altos de Jalisco se desarrolla principalmente dentro del estado de Jalisco, aunque también comprende porciones de Zacatecas, Aguascalientes y Guanajuato. Su relieve está conformado principalmente por amplias mesetas de origen volcánico, sobre las cuales los procesos de erosión fluvial han generado una elevada densidad de topoformas degradativas, caracterizadas por la presencia de barrancas y valles profundos que confieren una topografía marcadamente disectada (CONAGUA, 2024).

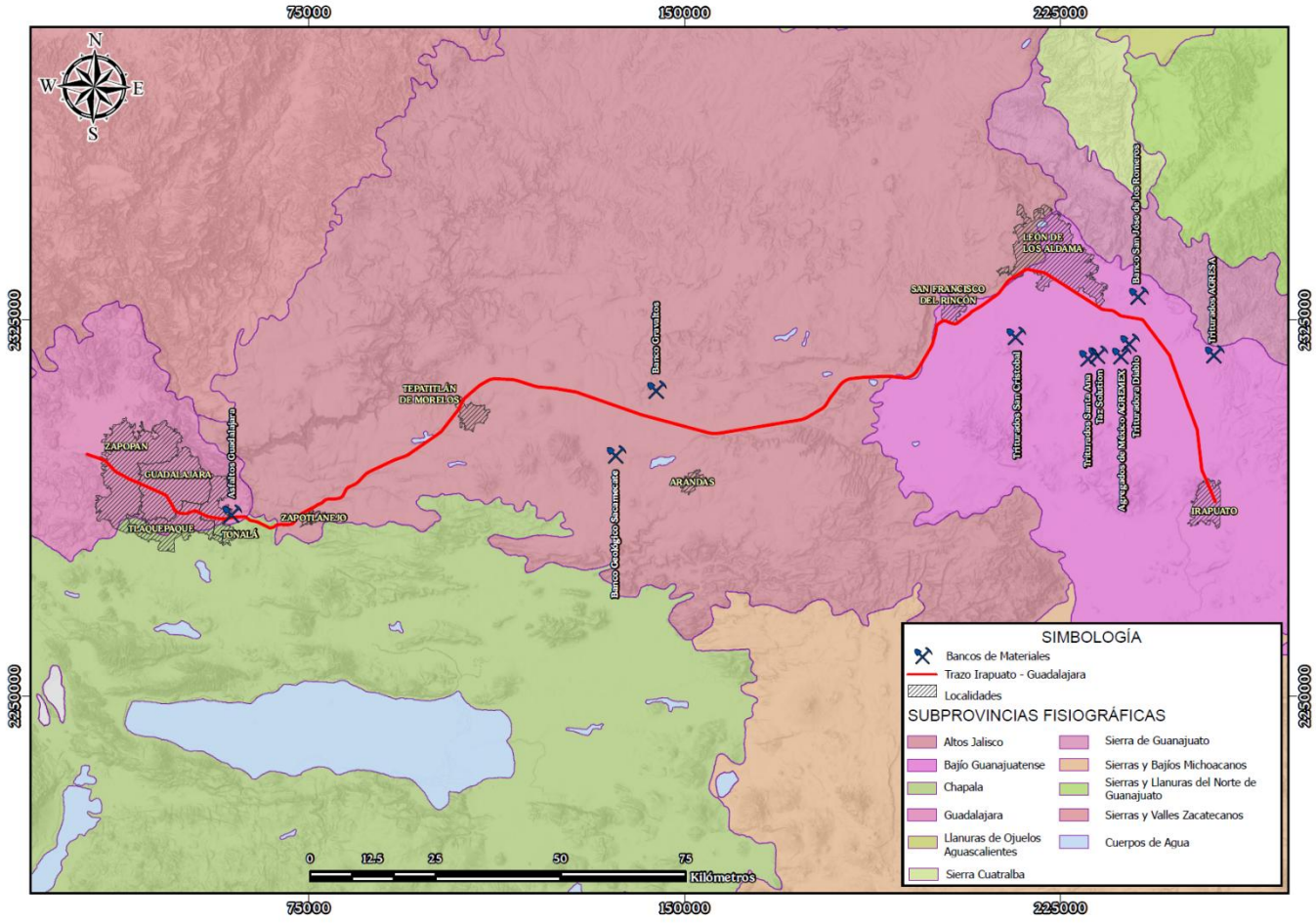


Ilustración 8. Defensa 2026, Mapa de Subprovincias Fisiográficas en donde se encuentran los bancos de materiales.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. HIDROGRAFÍA

Los bancos de materiales considerados para el proyecto Irapuato–Guadalajara se localizan dentro de la Región Hidrológica No. 12 (RH-12) Lerma–Santiago, una de las unidades hidrológicas de mayor relevancia en México debido a su extensión territorial y a su importancia para el abastecimiento de agua, la actividad agrícola, industrial y la conservación de ecosistemas (ver Ilustración 9). Esta región se ubica en las porciones centro y occidente del territorio nacional y comprende el sistema fluvial conformado por los ríos Lerma y Santiago, cuya longitud conjunta es de aproximadamente 1,180 km, desde el nacimiento del río Lerma en una laguna localizada en el municipio de Almoloya del Río hasta la desembocadura del río Santiago en el océano Pacífico, excluyendo el tramo correspondiente al Lago de Chapala. Del recorrido total, aproximadamente el 60 % corresponde al río Lerma y el 40 % al río Santiago (INEGI, 2003).

La RH-12 limita al norte con las regiones hidrológicas RH-11 Presidio–San Pedro y RH-16 Armería–Coahuayana, mientras que al oeste colinda con las regiones RH-14 Río Ameca y RH-13 Huicicila (INEGI, 2001). El sistema de drenaje está conformado por una red de corrientes perennes y cauces intermitentes que, en términos generales, presentan un patrón de drenaje dendrítico; no obstante, en zonas asociadas a estructuras volcánicas se desarrollan configuraciones de drenaje radial. La dirección predominante del escurrimiento superficial es de sureste a noroeste (CONABIO, 2022).

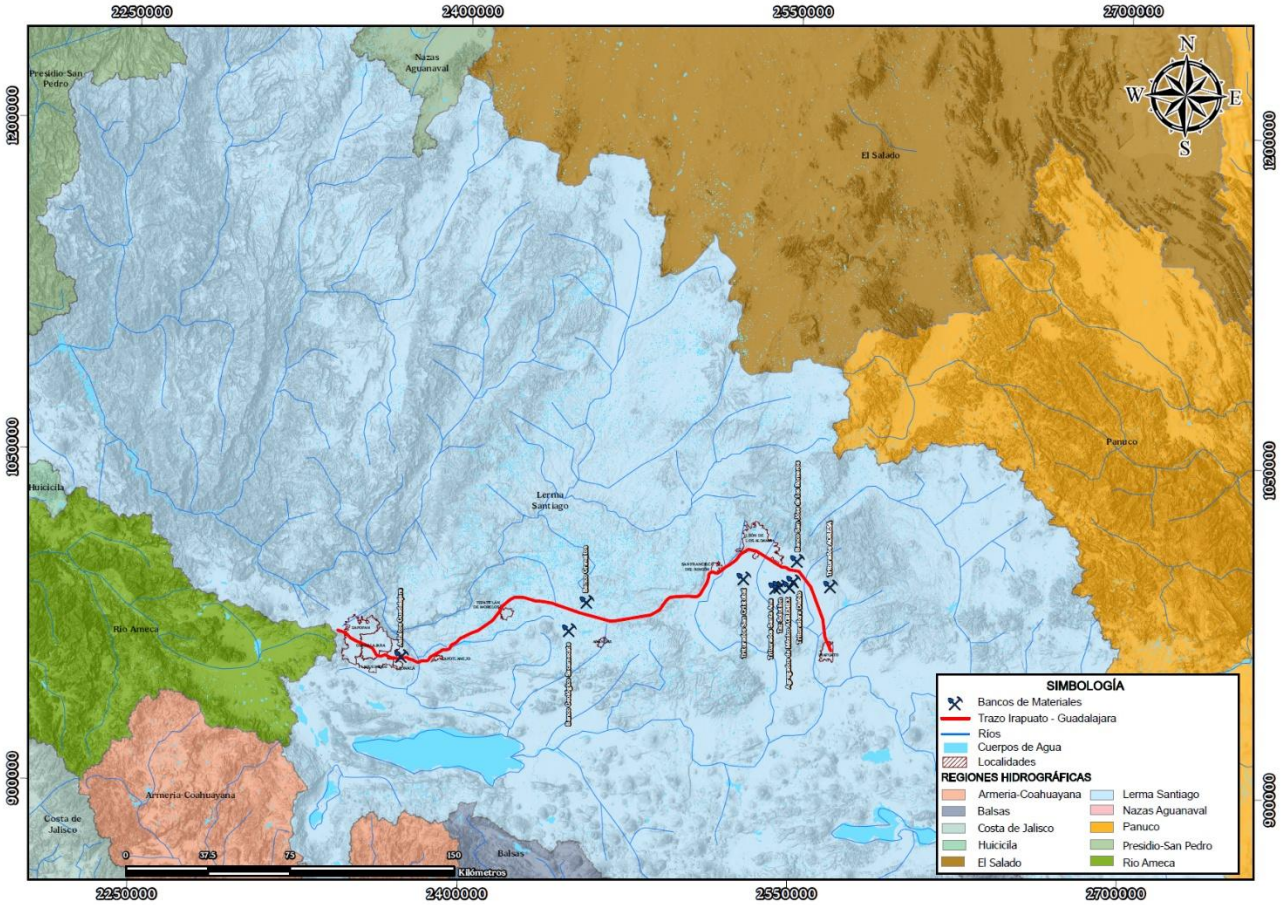


Ilustración 9. Defensa 2026, Mapa de regiones hidrológicas en donde se encuentran los bancos de materiales.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

C. EDAFOLOGÍA, USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Tomando en cuenta un análisis edafológico, de uso de suelo y vegetación a 10 km a la redonda del trazo del Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara se obtuvo la siguiente información:

Se realizó el análisis del conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII, Conjunto Nacional, generado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2018), el cual arrojó 34 tipos de uso de suelo en el territorio de interés delimitado. Predominan en la zona el uso de suelo relacionado a la Agricultura de Temporal Anual con un 52.89% del área total del análisis, los Asentamientos Humanos un 16.88%, Agricultura de Riego Anual y Semipermanente con un 7.30%, Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia con 5.63% y Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural con un 3.82%, además de Pastizal Inducido con un 3.14%.

Con base en la cartografía edafológica de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2001), en el área de estudio se identifican ocho unidades edáficas, además de la categoría correspondiente a poblados y cuerpos de agua. La superficie total analizada es de 5,951.85 km^2, donde predominan los Feozems, con una cobertura de 1,574,233,679 m^2 (26.45%), seguidos por los Vertisoles, que ocupan 1,407,868,326 m^2 (23.65%), y los Luvisoles, con 1,148,092,158 m^2 (19.29%). En conjunto, estas tres unidades representan aproximadamente el 69.39% de la superficie de análisis, lo que refleja el predominio de suelos con potencial agrícola de moderado a alto.

En orden de importancia continúan los Planosoles, que abarcan 848,730,702 m^2 (14.26%), y los Regosoles, con 714,296,819 m^2 (12.00%). Las unidades de menor representación corresponden a poblados y cuerpos de agua, con 102,592,712 m^2 (1.72%), Castañozems, con 74,723,882 m^2 (1.26%), Leptosoles, con 69,282,308 m^2 (1.16%), y finalmente los Cambisoles, que cubren únicamente 12,037,898 m^2, equivalentes al 0.20% de la superficie total (TABLA 7).

Los Cambisoles (del latín cambiare, cambiar) corresponden a suelos con un grado intermedio de desarrollo pedogenético, caracterizados por la presencia de un horizonte cámbico derivado de la alteración inicial del material parental. Se desarrollan sobre una amplia variedad de rocas y sedimentos y presentan propiedades físicas y químicas variables según su origen y las condiciones ambientales. Generalmente poseen profundidad moderada, buen drenaje y una fertilidad natural de moderada a alta, lo que favorece su utilización en actividades agrícolas, pecuarias y forestales. No obstante, cuando se localizan en terrenos con pendiente y se elimina la cobertura vegetal, pueden ser susceptibles a procesos de erosión hídrica, por lo que requieren medidas de conservación del suelo (IUSS Working Group, 2007).

Los Leptosoles (del griego leptos, delgado), también conocidos en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos someros, poco desarrollados y con abundante contenido de fragmentos rocosos, frecuentemente asociados con materiales calcáreos. Su reducida profundidad limita la capacidad de almacenamiento de humedad y el desarrollo radicular, por lo que presentan restricciones para el aprovechamiento agrícola. Estos suelos se distribuyen ampliamente en

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

regiones montañosas de México y son especialmente susceptibles a la erosión cuando se pierde la cobertura vegetal (IUSS Working Group, 2007).

Los Castañozems se desarrollan principalmente en regiones de clima seco a semiárido bajo vegetación de pastizal. Se distinguen por presentar horizontes superficiales de color pardo a castaño, con contenido moderado de materia orgánica y elevada saturación de bases, lo que les confiere una fertilidad natural de media a alta. Su aprovechamiento se orienta principalmente a la agricultura de temporal y actividades pecuarias; sin embargo, la disponibilidad de humedad constituye el principal factor limitante para su productividad (IUSS Working Group, 2007).

Los Regosoles corresponden a suelos jóvenes con escaso desarrollo de horizontes, originados sobre materiales no consolidados y generalmente pobres en materia orgánica. Se distribuyen en una amplia variedad de ambientes, particularmente en regiones áridas, semiáridas y montañosas. Su potencial de uso depende de la profundidad efectiva, la pedregosidad y la fertilidad, aunque son susceptibles a la erosión debido a su baja estabilidad estructural y reducida infiltración cuando la cobertura vegetal es removida (IUSS Working Group, 2007).

Los Luvisoles se caracterizan por presentar acumulación de arcillas en horizontes subsuperficiales como resultado de procesos de iluviación. Son suelos relativamente profundos, con buenas propiedades físicas y químicas, que favorecen su aprovechamiento agrícola para el establecimiento de cultivos de granos, forrajes y otros sistemas productivos. En México se distribuyen principalmente en regiones templadas y subhúmedas, donde constituyen una de las unidades edáficas de mayor aptitud agrícola (IUSS Working Group, 2007).

Los Feozems constituyen la unidad edáfica predominante dentro del área de estudio. Se desarrollan sobre materiales no consolidados y presentan horizontes superficiales oscuros con alto contenido de materia orgánica, condición que les confiere elevada fertilidad natural. Generalmente se encuentran asociados a climas templados y subhúmedos con vegetación de pastizal o bosque, siendo ampliamente utilizados para la agricultura de temporal y la producción de granos y forrajes. Sus principales limitantes son la erosión y los periodos de sequía prolongada (IUSS Working Group, 2007).

Los Vertisoles representan la segunda unidad de mayor extensión en el área de estudio. Se caracterizan por su elevado contenido de arcillas expandibles, las cuales experimentan procesos de expansión durante la temporada de lluvias y contracción en la época seca, generando grietas profundas. Aunque presentan alta fertilidad natural, estas propiedades dificultan las labores de preparación del terreno y construcción de infraestructura debido a su elevada plasticidad cuando están húmedos y a la dureza que adquieren durante el estiaje (IUSS Working Group, 2007).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Finalmente, los Planosoles son suelos que presentan un cambio textural abrupto entre el horizonte superficial y el subsuelo, donde existe una capa de baja permeabilidad que limita el drenaje interno y favorece el encharcamiento temporal. Se desarrollan principalmente en superficies planas o ligeramente onduladas y, aunque pueden destinarse a actividades agrícolas y pecuarias, requieren prácticas de manejo orientadas al control del exceso de humedad y al mejoramiento de su estructura para mantener su productividad (IUSS Working Group, 2007).

TABLA 7. % DE LOS DIVERSOS TIPOS DE SUELO EN EL TRAMO IRAPUATO - GUADALAJARA SEGÚN CONABIO, 2001.

TIPO DE SUELO	ÁREA M^2	% DE COBERTURA EN EL ÁREA
CAMBISOL	12,037,897.78	0.20%
CASTAÑOZEM	74,723,882.29	1.26%
LEPTOSOL	69,282,308.21	1.16%
POBLADO/CUERPO DE AGUA	102,592,711.9	1.72%
REGOSOL	714,296,819,1	12.00%
PLANOSOL	848,730,702.2	14.26%
LUVISOL	1,148,092,158	19.29%
FEOZEM	1,574,233,679	26.45%
VERTISOL	1,407,868,326	23.65%
		AREA TOTAL: **5,951.85 km^2**

D. SISMICIDAD

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas como dentro de ellas (SGM, 2017).

México es una región altamente sísmica debido a la interacción de varias placas tectónicas**.** En particular, las placas oceánicas de Cocos y de Rivera que subducen bajo la placa de Norteamérica a lo largo de la costa del Pacífico, lo que genera sismos de gran magnitud. Además, la Placa del Pacífico se desplaza lateralmente respecto a la Placa de Norteamérica.

El territorio mexicano está clasificado según el peligro sísmico en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015), Capítulo Diseño por Sismo, en cuatro zonas: A, B, C y D, cuyo peligro es de menor a mayor, en función de la sismicidad propia de cada región (Ilustración 10).

A esta clasificación se le conoce como regionalización sísmica y tiene como objetivo, proporcionar la información necesaria para fijar los requisitos mínimos que deben seguir los proyectistas, diseñadores y constructores en las edificaciones y otras obras civiles de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras ante los efectos producidos por un sismo. Sin embargo, esta

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme; no se toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos (CENAPRED, 2020).

En el estado de Guanajuato se tiene la interacción de la Sierra de Guanajuato y la gran planicie de la Mesa Central, esto influye en sus características sísmicas de baja frecuencia de eventos importantes, predomina entre las delimitaciones A y B, lo que indica un riesgo sísmico bajo en comparación con regiones del sur y occidente del país La zona A, de sismicidad muy baja, se caracteriza por ser una región en la cual no se tienen registros históricos de eventos importantes en los últimos 80 años y no se espera que la amplificación del suelo sea mayor a un 10% de la aceleración de la gravedad. La zona B, de sismicidad baja, se identifica por ser una demarcación en dónde no se registran sismos con frecuencia

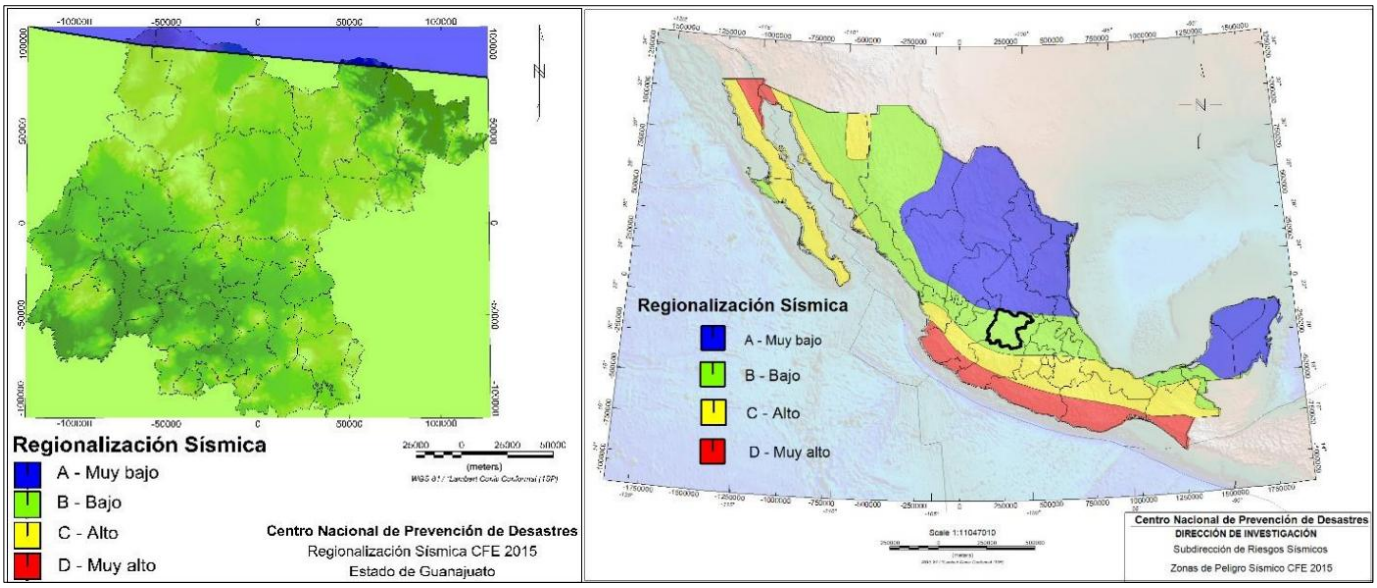


Ilustración 10. Regionalizaciones sísmicas del estado de Guanajuato (CFE, 2015).

El estado de Jalisco se encuentra en una de las regiones sísmicas más activas de México, es altamente contrastante, destacando una franja de muy alta peligrosidad de la zona D en el suroeste del estado y la región costera, así mismo la zona A se concentra principalmente hacia el noreste, mientras que hacia el centro y norte predominan las zonas C y B, por lo que es una de las regiones tectónicas más activas del país.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

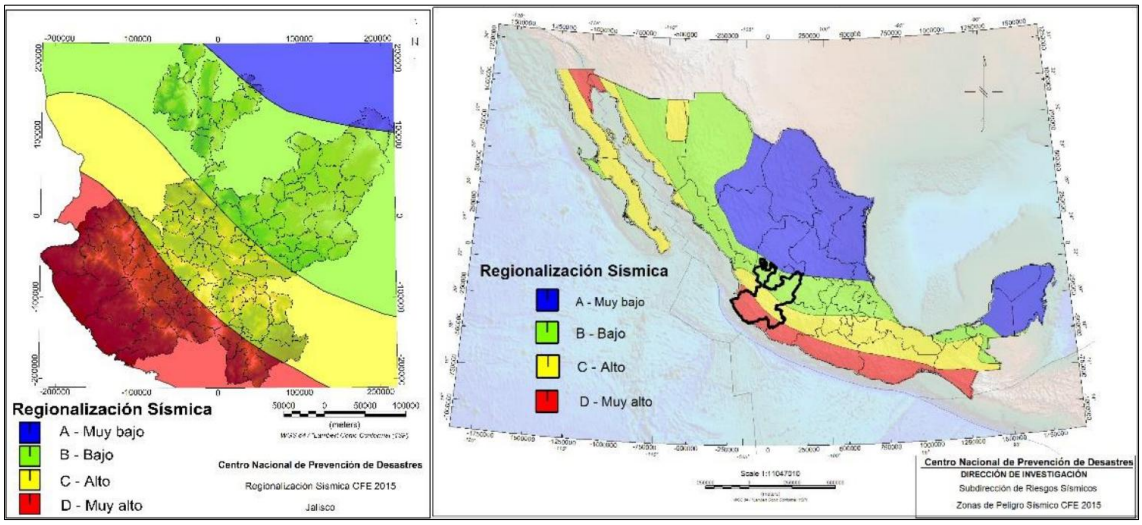


Ilustración 11. Regionalizaciones sísmicas del estado de Jalisco (CFE, 2015).

Para la zona de ubicación de los bancos de materiales y el eje del Tramo Irapuato – Guadalajara se identifican tres zonas sísmicas: La zona A, de sismicidad muy baja, se caracteriza por ser una región en la cual no se tienen registros históricos de eventos importantes en los últimos 80 años y no se espera que la amplificación del suelo sea mayor a un 10% de la gravedad. La zona B, de sismicidad baja, se identifica por ser una demarcación en donde no se registran sismos con frecuencia. Así mismo, la zona C, de sismicidad alta, se distingue de la anterior, debido a que comúnmente se presentan eventos sísmicos, aunque abarca gran parte del centro del estado, es considerado un nivel inferior a la costa, pero con mayor impacto debido a la densidad poblacional y suelos blandos.

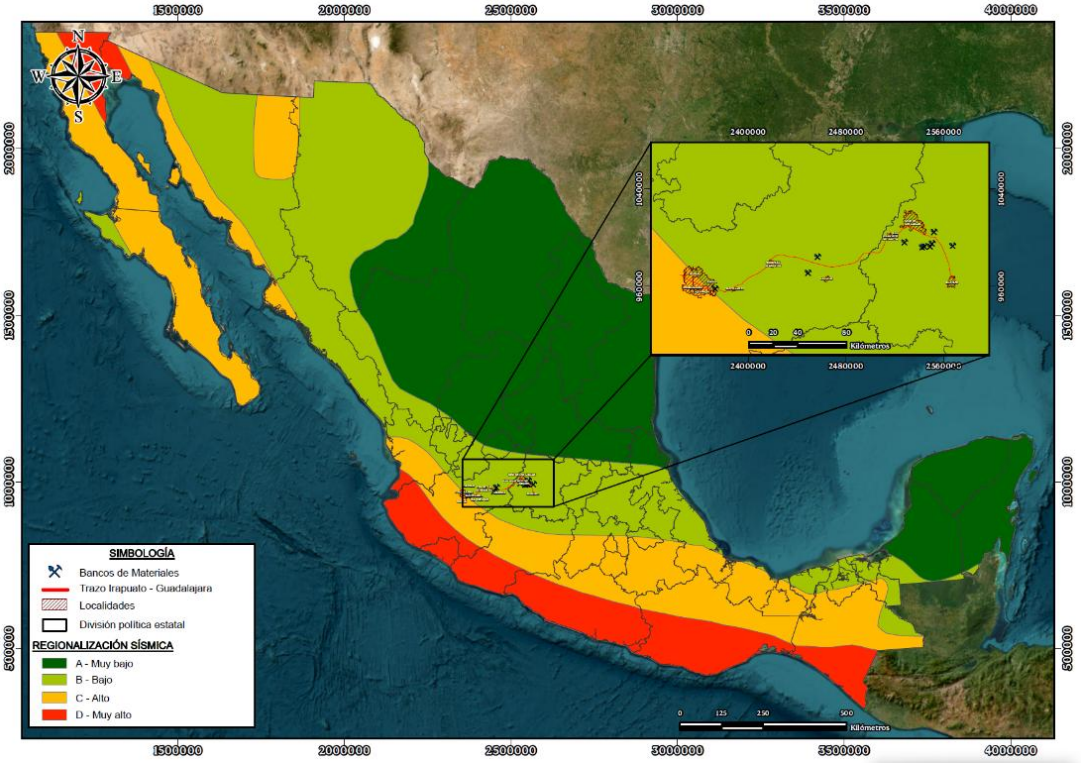


Ilustración 12. Defensa 2026, Mapa de Regionalización Sísmica.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

VI. MARCO GEOLÓGICO DE CADA ZONA PROPUESTA COMO POSIBLE BANCO DE MATERIAL.

El tramo Irapuato–Guadalajara presenta una extensión aproximada de 284 km, a lo largo de la cual se reconoce alrededor de 14 litológicas, con predominio de rocas ígneas extrusivas además de unidades sedimentarias. Como parte de los trabajos realizados para la evaluación de bancos de materiales, se efectuaron visitas de campo a sitios que actualmente se encuentran en explotación, con el propósito de reconocer las unidades litológicas que son aprovechadas y que podrían servir como posibles fuentes de materiales de interés para el proyecto ferroviario.

Dentro del marco geológico local se realiza la descripción de las unidades litológicas que se presentan dentro del DDV, con el fin de conocer el tipo de material que se puede encontrar y que, de ser necesario, pudiera fungir como posible banco de material, de acuerdo con las necesidades del proyecto.

La configuración litológica que se presenta es característica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). La columna litológica local, sustentada en los fechamientos del Servicio Geológico Mexicano (SGM), comprende unidades del Oligoceno, representadas por andesitas y riolitas-tobas riolíticas, hasta depósitos aluviales y residuales del Holoceno. Las unidades reconocidas, de la más antigua a la más joven, se describen a continuación.

Riolita - Toba Riolítica del Oligoceno (ToR-TR) y Unidad Riolita-Ignimbrita (ToR-Ig).
Al realizar la exploración geológica se pudo apreciar riolitas de coloración rosada con contenido de feldespatos, cuarzo y fragmentos vítreos (de hasta 3 mm) inmersos en una matriz afanítica. Son rocas compactas y de buena resistencia, que únicamente se astilla al golpearla con el martillo geológico. El índice de calidad de la roca (RQD) varía entre 75 y 90%, evidenciando una masa rocosa competente, pero con un grado de fracturamiento elevado. Se identifican además tobas riolíticas poco consolidadas, constituidas por una secuencia de flujos y oleadas piroclásticas de tonalidades beige a marrón claro, en las que se presentan de forma discontinua horizontes ligeramente soldados.

En algunas regiones donde se encuentra esta unidad, a la base afloran depósitos co-ignimbríticos compuestos por bloques y fragmentos angulares de riolita de entre 2 y 60 cm, inmersos en una matriz de ceniza de tamaño arena gruesa. Estos depósitos presentan estratificación y gradación incipientes, así como estructuras de imbricación de clastos, canales de erosión y formas tipo duna. Mientras que, en otros sectores se presenta toba riolítica presenta una matriz fina (limo a arena) de composición ácida, con fragmentos líticos subredondeados a angulosos de composición intermedia (andesítica y riolítica), con tamaños que varían desde arena fina hasta gravas (3 a 70 mm). Se caracteriza por su color marrón claro con tonalidades beige claro a rosa claro en muestra fresca, y con tonos beige a gris en muestra alterada, textura areno-arcillosa y pseudoestratificación orientada predominantemente hacia el noreste. Mineralógicamente, está constituida por cuarzo, feldespatos, fragmentos de vidrio, biotita y minerales arcillosos producto de alteración.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Estructuralmente sus fracturas presentan una persistencia dominante de 1 a 3 m con apertura de 1 a 5 mm con relleno blando de material arcilloso. La unidad se presenta ligeramente alterada en la mayoría de los casos, en algunos otros la alteración aumenta, presentándose color rosa claro a beige claro en muestra fresca, y color beige a gris en muestra alterada.

Andesita del Oligoceno (ToA): La Andesita Bernalejo del Oligoceno.
Unidad de origen extrusivo, incluida en el Grupo León, que se presenta como coladas masivas de alta resistencia. Presenta coloración gris a gris rojiza en zonas intemperizadas y gris a gris oscuro en zonas inalteradas, con textura fanerítica a porfirítica, fenocristales de plagioclasa y piroxenos (Pérez-Martínez, 2012), y una matriz vítrea que favorece su resistencia a la erosión. El macizo presenta diversas familias de fracturas, con predominio de dos, una subvertical y otra oblicua, persistencias de 1 a 3 m y aperturas menores a 0.10 mm. La unidad se encuentra ligeramente alterada, es ligeramente rugosa, sin presencia de agua y presenta un RQD de 50–75 %. De acuerdo con los índices GSI y RMR, se clasifica como una roca de clase II, de buena calidad y estable.

Unidad Arenisca-Conglomerado poligénico (TmAr-Cgp):
Consta de una secuencia de rocas sedimentarias poco consolidadas que afloran parcialmente en la porción Suroccidental de la Sierra de Guanajuato. Su localidad tipo se encuentra en la porción Centro-Oeste del estado de Guanajuato, específicamente en el rancho El Capulín (Lagarde-Zapata, 2020).
Esta unidad se presenta como depósitos de gravas y arenas no consolidadas con estratificación poco desarrollada, en algunos lugares la arena es tobácea, observándose entonces estratificación delgada; asimismo, los clastos en su mayoría son de composición riolítica, aunque existen, en cantidades menores, fragmentos andesíticos con tamaños que varían de 3 a 30 cm y están inmersos en una matriz arenosa, la abundancia de dichos clastos es muy variable, en algunos casos llegan a formar el 80%, mientras que en otros apenas alcanza el 10%. También, se documenta la presencia de estratos delgados intercalados de arena tobácea, arenisca y conglomerado polimíctico.

Unidad Basalto-Andesita (TmB-A)
Esta unidad se caracteriza por tener una amplia distribución, yendo desde la ciudad de Irapuato hasta la ciudad de Guadalajara. A lo largo de su extensión, estos basaltos han sido denominados de diferente manera, como Basaltos San Cristóbal, en los alrededores de Guadalajara, y Secuencia Máfica del Río Santiago, en los Altos de Jalisco. Debido a su amplia distribución dentro de la zona de estudio, estas rocas del Mioceno Tardío guardan relación con varias de las unidades en el área. Los basaltos encontrados se encuentran intercalados con andesitas fuertemente fracturadas, como efecto de estructuras regionales de gran magnitud, principalmente fallas normales. Las edades isotópicas publicadas sugieren que el desarrollo de este vulcanismo basáltico ocurrió entre 11 Ma y 8.9 Ma (Gómez-Tuena, et al., 2005).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Riolita – Toba Andesítica del Mioceno (TmR-TA)

La unidad TmR-TA corresponde a flujos piroclásticos constituidos por clastos de pómez y fragmentos líticos de composición riolítica e intermedia. En el sitio, se presenta como una toba lítica muy consolidada y moderadamente alterada, con matriz limosa de color gris claro en estado fresco y tonos rojizos en condiciones de intemperismo, además de pequeños cristales subhedrales de carbonato de calcio. El afloramiento presenta tres direcciones preferenciales de fracturamiento, con persistencias menores a 1 m y aperturas de 1 a 5 mm, generalmente con relleno duro. De acuerdo con los valores de RMR y GSI, la unidad se clasifica como buena y estable.

Unidad Toba Riolítica (TmplTR)

Corresponde a tobas riolíticas de composición félsica, reconocidas en cortes naturales, cauces y laderas. Predominan variedades vítreas, líticas y cristalinas, con matriz piroclástica de granulometría fina a arenosa, textura afanítica a vítrea y presencia frecuente de cuarzo, así como fragmentos líticos riolíticos y escasos anfíboles. Presenta tonalidades grises claro, beige, crema, morado y rojizo, mientras que las zonas meteorizadas adquieren colores café claro a oscuro. Su grado de consolidación es variable, desde materiales semicompactos hasta tobas altamente alteradas, friables y de baja cohesión. Localmente se identifican posibles estructuras piroclásticas, como lapilli acrecional. La unidad suele estar cubierta por depósitos residuales o aluviales de espesor variable, compuestos por materiales limo-arenosos y arcillo-limosos.

Unidad Basalto-Andesita (TplB-A)

Esta unidad que se distribuye al Norte, Sur y Este de la ciudad de Guadalajara, siendo sus afloramientos más extensos los que se localizan en los alrededores del lago de Chapala (Barrera-Hernández, et al., 1998). Las rocas que conforman la unidad TplB-A corresponden al vulcanismo calco-alcalino desarrollado durante el Plioceno Tardío, entre aproximadamente 2.5 y 5 Ma. La unidad está compuesta principalmente por andesitas y basaltos, aunque también se puede observar escoria basáltica (Como se observa en el Banco Geológico Sacamecate). Debido a su origen volcánico, es difícil estimar con precisión su espesor; sin embargo, las coladas lávicas generalmente no superan los 200 metros. Dentro de este conjunto, destaca un basalto con presencia de olivino y fenocristales de plagioclasa. Evidentemente, esta unidad se encuentra relacionada con los procesos de subducción asociados a la Trinchera Mesoamericana (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Arenisca – Toba Riolítica del Plioceno (TplAr-TR).

La unidad está constituida por tobas ácidas de color marrón claro a grisáceo, con granulometría predominantemente arcillosa y, localmente, arenosa. Presenta pseudoestratos asociados a diferentes eventos eruptivos y acumulaciones de material arenoso sobreyacente, además de una delgada capa de suelo arcilloso con vegetación. La secuencia vulcanosedimentaria alcanza aproximadamente 50 m de espesor, de los cuales 20 m son visibles, y se caracteriza por un basculamiento hacia el norte y una alternancia de sedimentos lacustres, conglomerados y depósitos volcánicos. Los materiales piroclásticos son no soldados y contienen pómez soportada por una matriz vítrea. En algunas áreas el espesor estimado es de 800 m, (Barrera-Hernández, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Arenisca – Conglomerado Poligénico del Plioceno - Pleistoceno (TplQptAr-Cgp).
La unidad corresponde a sedimentos continentales fluviolacustres del Plioceno-Pleistoceno, constituidos por materiales poco consolidados de tamaño arcilla y arenas finas a medias, de color marrón, con clastos de composición variable. Se asocia con conglomerados de matriz similar, con fragmentos líticos redondeados a subredondeados, de composición basáltica, riolítica y mixta, con tamaños de 1 a 100 mm.

Unidad Andesita – Basalto (QptA-B)
Esta unidad se localiza al norte de la ciudad de Irapuato, así como al Oriente de Silao de la Victoria; donde afloran derrames de andesita basáltica. Estos derrames, que pertenecen a la edad Cuaternaria, presentan una coloración gris, con mineralogía visible de plagioclasas, piroxeno y anfiboles, de textura fanerítica a afanítica. En su mayoría la roca se encuentra fracturada, además que los derrames presentan espesores que van de los 50 a 100 m (Pérez Flores , et al., 1999).

Toba Riolítica del Pleistoceno (QptTR).
Nombrado como “Toba Tala”, es un depósito característico de la Caldera de la Primavera, en la zona de estudio se observa un espesor de 10 m de material aflorante compuesto de flujos piroclásticos de composición riolítica, representados por clastos de pómez carentes de matriz de distintos tamaños, intercalados ceniza de tamaño arcilla y arena, de color gris en muestra fresca y blanco amarillento en muestra intemperizada, en horizontes que varían de 10 cm a 40 cm de clastos de pómez blanca, redondeada, de alrededor de 0.5 cm de diámetro en promedio, en algunas partes se observan fragmentos de clastos andesíticos y vidrio volcánico embebidos con un tamaño menor a 3 cm. La unidad es ligeramente alterada, poco consolidada, sin presencia de agua ni fracturas visibles. De acuerdo con los valores de RMR y GSI, se clasifica como roca de calidad regular y parcialmente estable.

Depósitos Aluviales del Cuaternario (Qhoal).
La unidad aluvial sobreyace a las unidades del Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Pleistoceno. Está constituida por material arcilloso de color gris a marrón claro, con bajo contenido de limos y arenas finas subangulosas, además de gravas finas a gruesas y líticos de composición predominantemente ígnea, derivados de la desintegración, transporte y depósito de rocas preexistentes. Estos materiales son aprovechados principalmente para uso agrícola, por lo que se encuentran sometidos a humedad periódica.

Depósitos Residuales (Qhore).
La unidad está constituida por suelos residuales arcillosos de color marrón, originados por la alteración y meteorización de materiales volcánicos subyacentes. Presenta una matriz arcillosa con fragmentos líticos subangulosos de composición volcánica. Geotécnicamente, se caracteriza por compactación media, alta plasticidad y cohesión media, condiciones que influyen en su comportamiento mecánico y estabilidad superficial.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

VII. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El área de estudio correspondiente a los bancos de materiales se localiza dentro de la provincia geológica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), en un contexto tectónico regional caracterizado por la presencia de estructuras asociadas a diferentes episodios de deformación, magmatismo y vulcanismo. Para efectos del presente informe geológico de bancos de materiales, el análisis de la geología estructural se concentra en el entorno inmediato de los sitios de aprovechamiento, considerando que los bancos de materiales identificados se localizan a una distancia máxima aproximada de 10 km respecto del eje del trazo ferroviario.

En el contexto regional, el área presenta influencia de diversos sistemas de fallamiento y estructuras tectónicas de importancia, entre los que destacan el Sistema de Falla del Bajío, el Graben de Villa de Reyes, el Graben de La Sauceda y, hacia sectores más occidentales, estructuras relacionadas con los sistemas de fallamiento de Los Altos, así como los graben de Chapala y Colima. Estas estructuras regionales condicionan la configuración tectónica de la zona y se manifiestan localmente mediante sistemas secundarios de fallas, fracturas y otras discontinuidades que afectan los macizos rocosos y, en consecuencia, las condiciones geológicas de los materiales susceptibles de aprovechamiento.

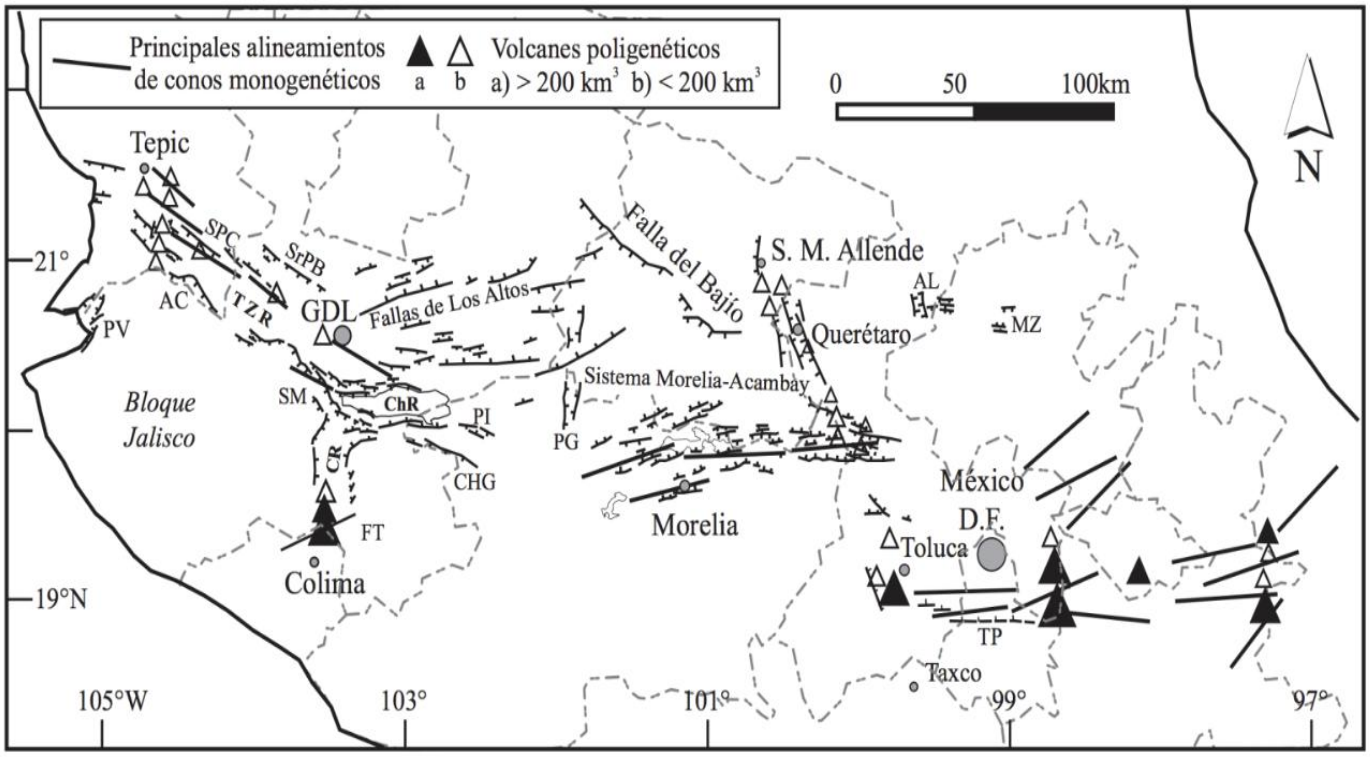


Ilustración 13. Arturo Gómez Tuena y otros, 2005, Relaciones entre los principales sistemas de fallas del Mioceno-Cuaternario.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El Sistema de Falla del Bajío constituye una de las principales expresiones estructurales de la región. Se encuentra integrado por diversos segmentos de fallamiento que se extienden desde el sector de Celaya-Salamanca hasta el norte de León, y se encuentra relacionado espacialmente con el Graben de La Sauceda. Esta configuración tectónica ha generado bloques estructurales con distinto comportamiento, entre los que destacan los bloques elevados asociados con la Sierra de Guanajuato y la Sierra de Codornices, así como el bloque deprimido correspondiente a la Cuenca de El Bajío (del Río-Varela, et al., 2020).

Asociadas a las estructuras regionales se reconocen diversas fallas secundarias, fracturas y zonas de mayor densidad de discontinuidades. Particularmente, el Graben de La Sauceda se encuentra delimitado por estructuras normales principales, entre las que se han reconocido la falla septentrional, con orientación aproximada N65°E, así como las estructuras meridional y La Glorieta. Estas estructuras interactúan con sistemas secundarios de fracturamiento asociados al Sistema de Falla del Bajío, generando bloques y dominios estructurales con características variables de acuerdo con su posición y grado de deformación.

Hacia el noreste del Sistema de Falla del Bajío, en el entorno de la Sierra de Guanajuato, se reconocen estructuras relacionadas con el Graben de Villa de Reyes y con los sistemas de fallamiento del distrito minero de Guanajuato. En estos sectores se presentan, además, fracturas y fallas de menor escala que pueden generar una mayor densidad de discontinuidades en los afloramientos rocosos. Para el análisis de los bancos de materiales, estas características son de particular importancia, debido a que el grado de fracturamiento y la orientación de las discontinuidades pueden condicionar la geometría de los frentes de explotación, el tamaño de los bloques naturales, la generación de material de menor tamaño y el comportamiento de los cortes durante las actividades de extracción.

Hacia el poniente de León se reconoce el bloque de San Francisco del Rincón, caracterizado por la presencia de fallas y fracturas asociadas a centros de emisión volcánica (Salas Vallejo, 2021). Entre León y San Francisco del Rincón se han identificado estructuras normales con orientación general NE-SW. Una de ellas se dispone aproximadamente paralela a la carretera León-San Francisco y presenta buzamiento hacia el SE, mientras que otra estructura, de carácter inferido, presenta buzamiento hacia el NW. La disposición relativa de estas estructuras se ha interpretado como parte de una configuración tipo graben denominada Graben de Penjamillo.

De manera general, desde San Francisco del Rincón hacia Tepatitlán de Morelos se reconoce un contexto tectónico predominantemente distensivo, expresado mediante bloques estructurales delimitados por fallas normales. La actividad asociada a estos sistemas principales favoreció el desarrollo de estructuras secundarias, particularmente fallas menores y fracturas. Hacia el sector comprendido entre Tepatitlán de Morelos y Guadalajara, la configuración estructural se encuentra influenciada por sistemas de mayor escala, entre los que destacan el Graben de Chapala, el Graben de Colima y el sistema de fallas de Los Altos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Desde el punto de vista del aprovechamiento de bancos de materiales, la configuración estructural identificada constituye un elemento relevante para establecer las condiciones de explotación de cada banco. La orientación, espaciamiento, persistencia y frecuencia de las discontinuidades pueden influir directamente en la fragmentación natural del macizo, en la facilidad de arranque y extracción, en la generación de bloques de diferentes dimensiones y en la estabilidad de los taludes y frentes de explotación. Asimismo, las zonas asociadas con fallas pueden presentar mayor grado de alteración, fracturamiento y pérdida de competencia del material, por lo que deberán considerarse durante la definición de los sectores de aprovechamiento y en el diseño de los frentes de explotación para la apertura de nuevos bancos.

En términos generales, las estructuras regionales descritas constituyen el marco tectónico que condiciona la presencia y distribución de las discontinuidades observadas localmente. Sin embargo, para fines del presente análisis de bancos de materiales, la evaluación estructural se orienta principalmente a determinar la influencia de dichas discontinuidades sobre la calidad, homogeneidad, volumen potencialmente aprovechable, condiciones de extracción y estabilidad de los materiales identificados dentro del radio de influencia de los bancos, sin extender las conclusiones estructurales más allá del ámbito requerido para la evaluación de las fuentes de materiales del proyecto ferroviario.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

VIII. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

IX. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES APROVECHABLES/NO APROVECHABLES

Uno de los aspectos importantes en la caracterización de los bancos de materiales es conocer el potencial de aprovechamiento con el que cuenta cada uno, con la finalidad de determinar la viabilidad del cumplimiento ante los requerimientos de volúmenes necesarios para el proyecto, estableciendo los criterios adecuados respecto al manejo y generando una planificación del recurso. Durante las actividades de campo se efectuaron observaciones directas, caracterizaciones litológicas y descripciones sistemáticas de los afloramientos, permitiendo la identificación y clasificación de los materiales de acuerdo con sus características físicas, geomecánicas y su potencial de aprovechamiento. La estimación preliminar de los volúmenes aprovechables y no aprovechables se realizó mediante evaluación visual, apoyada en criterios geométricos y en la interpretación de las condiciones geológicas del macizo, considerando aspectos como la continuidad espacial de las unidades litológicas, el espesor de los estratos, el grado de alteración, la presencia de discontinuidades y la ocurrencia de material contaminado o de baja calidad.

Los resultados obtenidos constituyen una base técnica preliminar para la evaluación del recurso y respaldan la planificación de las etapas subsecuentes del proyecto, proporcionando elementos para optimizar el diseño de extracción, promover un aprovechamiento eficiente y sostenible de los materiales geológicos disponibles. La estimación de volúmenes considera los espesores reportados en campo, así como el área proporcionada por los representantes de cada banco de materiales, se debe considerar la primera capa (aproximadamente de 0 a 2 metros) para el proceso de despalme, ya que este espesor presenta material contaminado con limos, arcillas y contenido vegetal en algunos bancos, es importante referir que está información es preliminar; ya que para obtener acceso a los permisos y concesiones es necesario generar un proceso de adquisición, lo cual permitiría contar con los valores de área y volumen autorizados por las instancias correspondientes (ver TABLA 8).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 8. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES APROVECHABLES PARA BANCOS DE MATERIALES

NO.	ID	ÁREA (m^2)	ESPESOR (m)	VOLUMEN EXPLOTADO x1000 (m^3)	VOLUMEN APROVECHABLE x1000 (m^3)	LITOLOGÍA	PRODUCTO	USO PROBABLE
1	TIG-BM-001	500,000	40	2,106	6,000	Basalto andesítico	Balasto, gravas y arenas.	Construcción, balasto
2	TIG-BM-002	2,000,000	50	10,230.5	14,000	Basalto andesítico	Base hidráulica de 1 1/2" a finos, *balasto.	Construcción
3	TIG-BM-003	250,000	15	540	5,000	Basalto andesítico	Gravas y arenas	Revestimiento, sub base, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico
4	TIG-BM-004	360,000	35	11,550	12,000	Basalto andesítico	Gravas y arenas	Construcción
5	TIG-BM-005	300,000	55	5,600	12,000	Basalto andesítico	Gravas y arenas	Construcción
6	TIG-BM-006	100,000	24	386.4	4,000	Basalto	Gravas y arenas	Mampostería
7	TIG-BM-007	600.000	20	14,950	28,800	Basalto andesítico	Agregados de arena y grava, *balasto	Revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico
8	TIG-BM-008	105.000	12	422.4	1,000	Basalto	Gravas y arenas	Construcción
9	TIG-BM-009	530.000	80	1,440	2,000	Basalto	Tepetate y escoria basáltica (tezontle)	Relleno
10	TIG-BM-010	500.000	40	14,432	20,000	Basalto andesítico	Gravas y arenas	Concreto asfáltico

*Producción de balasto sujeto a solicitud del cliente

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

X. NORMATIVA DE LOS MATERIALES

Para tener un adecuado control de los criterios de evaluación de los materiales y en apego a la NOM-EM-003-ARTF-2023, Sistema Ferroviario-Seguridad-Clasificación y Especificaciones de Vía, en la TABLA 8, se citan las normas de referencia contenidas en el Manual de Calidad para Materiales en la Sección Estructural de Vías Férreas, del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

TABLA 9. NORMATIVIDAD APLICABLE.

CONCEPTO.	ELEMENTO	NORMAS DE REFERENCIA	
		CAPA	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES
Subestructura de vía	Lecho o cama de vía	Terraplén	N.CMT.1.01/21 (SICT, 2021).
		Subrasante	N.CMT.1.03/21 (SICT, 2021).
		Subbalasto	N.CMT.4.02.001/21 (SICT, 2021).
		Balasto	NOM-003-ARTF-2023 (Secretaría de Gobernación, 2024).

A. Terraplén (N.CMT.1.01/21)

Los materiales para terraplén son suelos y fragmentos de roca, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizan para formar el cuerpo de un terraplén hasta el nivel de desplante de la capa subyacente.

Las características que deberá tener el material que se use para construir el terraplén deberá cumplir con los valores presentados en la TABLA 10.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 10. REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES PARA TERRAPLÉN	
PARÁMETRO	**VALOR**
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) [1]; %, mínimo	5
Expansión; %, máxima	5
Grado de compactación [2]; %	90±2

[1] en especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta tabla, con un contenido de agua igual al óptimo de compactación respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO estándar, salvo que el proyecto indique otra cosa.

[2] respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la SICT indiquen otra cosa. Cuando el material sea no compactable, de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-1-02 Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos o la vigente que la sustituya, el tamaño máximo será de 75 cm; se colocará en capas del espesor mínimo que permita el máximo tamaño del material que se emplee y se bandeará, previa aplicación de un riego de agua a razón de150 l/m3, dando como mínimo tres pasadas en toda la superficie en cada capa con un tractor de 36.7 t con orugas.

Durante el proceso de producción, con objeto de controlar la calidad del material en la ejecución de la obra, por cada trescientos 300 m^3 o fracción del material de un mismo tipo, extraído de un corte o un banco, se realizarán pruebas necesarias que aseguren que cumple con el límite líquido indicado. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·1·01, Muestreo de Materiales para Terracerías y mediante el procedimiento de prueba contenido en el Manual M·MMP·1·07, Límites de Consistencia.

Además de lo anterior, por cada mil (1.000) metros cúbicos o fracción del material de un mismo tipo extraído de un corte o un banco, se realizarán las pruebas necesarias que aseguren que cumple con todos los valores establecidos en la TABLA 10. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·1·01, Muestreo de Materiales para Terracerías y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de la N.CMT.1.01/21.

B. Subrasante (N.CMT.1.03/21)

Los materiales para la capa subrasante son los suelos naturales, seleccionados o cribados, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizan para formar dicha capa inmediatamente encima de la cama de los cortes, de la capa subyacente o del cuerpo de un terraplén cuando ésta última no se construya, para servir de desplante a un pavimento.

Las características que deberá tener el material que se use para conformar la capa de subrasante deberá cumplir con los valores presentados en la TABLA 11.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 11. REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES PARA SUBRASANTE.	
PARÁMETRO	**VALOR**
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) [1]; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación [2]; %	100±2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al óptimo de compactación respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, salvo que el proyecto indique otra cosa.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Durante el proceso de producción, con objeto de controlar la calidad del material en la ejecución de la obra, por cada 200 m^3 o fracción del material de un mismo tipo, extraído de un corte o un banco, se realizarán las pruebas necesarias para asegurar que cumple con el límite líquido y el índice plástico señalados en la TABLA 6. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·1·01, Muestreo de Materiales para Terracerías y mediante el procedimiento de prueba contenido en el Manual M·MMP·1·07, Límites de Consistencia.

Además de lo señalado en la Fracción anterior, por cada 500 m^3 o fracción del material de un mismo tipo, extraído de un corte o un banco, se realizarán las pruebas necesarias que aseguren que cumple con todos los valores establecidos en la TABLA 6. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·1·01, Muestreo de Materiales para Terracerías y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de la norma N.CMT.1.03/21.

C. Subbalasto (N.CMT.4.02.001/21)

El material comúnmente disponible para uso como subbalasto son aquellos agregados normalmente especificados y utilizado en la construcción de bases y subbases de carreteras. Se trata de materiales granulares, que se colocan normalmente sobre la subrasante, para formar una capa de apoyo para el balasto.

Las características que deberá tener el material que se use para conformar la capa de subrasante deberá cumplir con los valores presentados en la TABLA 12.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 12. REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES PARA SUBBALASTO		
PARÁMETRO	**SL<106 [1]**	**SL>106**
Limite líquido; %, máximo	30	25
Índice plástico; %, máximo	10	6
Valor Soporte de California (CBR); %, mínimo [2]	50	60
Equivalente de arena; %, mínimo [2]	30	40
Desgaste de Los Ángeles; %, máximo [2]	50	40
Grado de compactación; %, mínimo [2] [3]	100	100

[1] Número de ejes equivalentes (acumulados de 8.2 t) esperados durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda.

[3] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la SICT indiquen otra cosa.

Como capas de firme de vía férrea, las mezclas asfálticas se pueden colocar a diferentes profundidades o espesores dependiendo de los diseños particulares. Los materiales bituminosos recomendables deberán cumplir las características de mezcla tipo PG64-22 o PG 70-22, o equivalente a cumplir de acuerdo con la normativa aplicable.

D. Balasto (NOM-003-ARTF-2023)

El balasto es la capa de material granular que se coloca bajo el durmiente, proveniente de rocas de origen ígneo o metamórfico generalmente, de alta resistencia a compresión e impacto, en algunos casos suelen usarse rocas sedimentarias (IMT, 2023).

A continuación, se presentan los parámetros de calidad que debe cumplir el material para ser empleado como balasto, lo correspondiente al diseño, producción, manejo u otro parámetro correspondiente a la capa, deberán apegarse a lo establecido en la normativa aplicable.

El espesor mínimo de la capa de balasto debe ser de 30 cm (12 in), medido a partir de la parte inferior del durmiente. El ancho del hombro de balasto debe ser como mínimo de 30 cm (12 in). El talud recomendado de balasto será el correspondiente a una relación de 2:1.

Para realizar el muestreo de material de banco que se pretenda utilizar para esta capa de material, se asegurarán de acuerdo con los métodos actuales de muestreo de ASTM, designación D 75. Las muestras de prueba se reducirán de las muestras de campo por medio de ASTM C 702, el análisis se realizará acorde a la siguiente normativa:

1. El tamiz se realizará de acuerdo con el método de prueba ASTM, designación C 136, mientras que, el material más fino que el tamiz No. 200 se determinará de acuerdo con el método de prueba ASTM, designación C 117.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. La gravedad específica y el porcentaje de absorción se determinarán de acuerdo con el método de prueba ASTM, designación C 127.
3. El porcentaje de grumos de arcilla y partículas desmenuzables se determinará de acuerdo con el método de prueba ASTM, designación C 142.
4. La resistencia a la degradación se determinará de acuerdo con el método de prueba ASTM siguiente: los materiales que tengan graduaciones que contengan partículas retenidas en el tamiz de 25 mm (1 in) deberán someterse a prueba según la norma ASTM C 535. Los materiales que tengan graduaciones que pasen el 100 % del tamiz de 25 mm (1 in) deberán someterse a prueba según la norma ASTM C 131.
5. Las pruebas de solidez del sulfato de sodio se realizarán de acuerdo con el método de prueba ASTM, designación C 88.
6. El peso unitario se determinará de acuerdo con el método de prueba ASTM, designación C 29.
7. El porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas se puede determinar de acuerdo con el método de prueba estándar de ASTM, D4791, método A. La relación de dimensión utilizada en este método de prueba debe ser 1:3, o una relación promedio plana y alargada de 3.
8. En referencia al análisis químico, se considerará lo siguiente:
    a. No se requiere análisis químico para la evaluación de materiales de tipo granito, basalto o cuarcita, siempre que los materiales estén correctamente definidos por los métodos aplicables. Los materiales carbonatados que indiquen valores de carbonato de magnesio superiores al 36 % se definirán como dolomías y los materiales carbonatados que indiquen valores de carbonato de magnesio inferiores al 28 % se definirán como calizas. El contenido de carbonato de magnesio ($MgCo_3$) de los materiales se probará y definirá de acuerdo con ASTM C 25.

Para vías con durmientes de concreto se excluirán los materiales de carbonato, como caliza y dolomía, y aquellos con granulometría tipo No. 57, excepto para las dolomías que presenten un desgaste (degradación LAA)) menor o igual al 18% para vías primarias (principales) y menor o igual al 22% para vía secundaria, patios y laderos.

Las características que deberá tener el material que se use para conformar la capa de subrasante deberá cumplir con los valores presentados en la TABLA 13. Los valores de peso unitario y gravedad específica a granel son valores mínimos, mientras que el resto son valores máximos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 13. VALORES LÍMITES PARA ENSAYOS DE MATERIAL DE BALASTO				
PARÁMETRO	**GRANITO Y BASALTO**	**CUARCITA**	**DOLOMITAS**	**PRUEBA ASTM**
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	1.0%	1.0%	1.0%	C117
Gravedad específica granel (ver nota 2)	2.60	2.60	2.65	C127
Porcentaje de absorción	1.0	1.0	2.0	C127
Grumos de arcilla y partículas desmenuzables	0.5%	0.5%	0.5%	C142
Degradación (LAA)	35%	30%	30%	nota 1
Solidez (sulfato de sodio) 5 ciclos	5.0%	5.0%	5.0%	C88
Partículas planas o alargadas	5.0%	5.0%	5.0%	D 4791

Nota 1:
Materiales degradados que contienen partículas retenidas en el tamiz de 25 mm (1 in), el tamiz debe ser probado por ASTM C 535.
Los materiales que tienen granulometrías con 100 % que pasan el tamiz de 25 mm (1 in) deben ser probados por ASTM C 131.

Nota 2:
El límite para la gravedad específica a granel es un valor mínimo. Los límites para el resto de las pruebas son valores máximos.

Las granulometrías a las que se graduarán los materiales para su uso como balasto de vías y patios se indican a continuación en la TABLA 13, es de importancia mencionar que la clasificación del balasto procesado se determinará con tamices de laboratorio que tengan aberturas de malla que cumplan con la especificación E 11 de ASTM.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XI. DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES

En el presente apartado se describen los 10 bancos de materiales identificados como fuentes potenciales de suministro para el proyecto, considerando sus características de localización, accesibilidad, contexto geológico y condiciones de aprovechamiento. Para cada banco se presenta la información disponible relacionada con su ubicación, mediante coordenadas y referencias de acceso, así como las principales características fisiográficas y geológicas observadas durante las visitas técnicas.

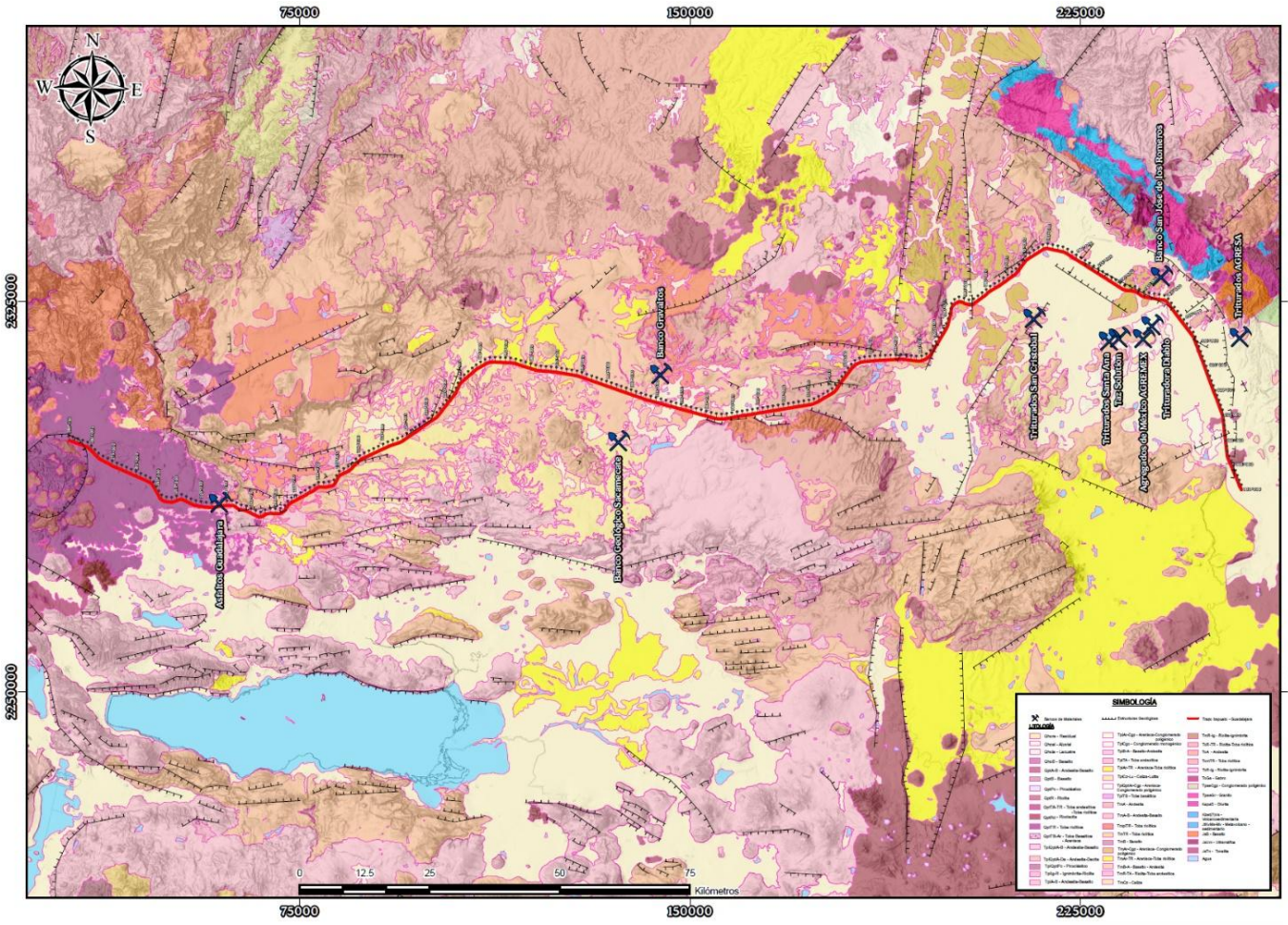


Ilustración 14. Defensa 2026, Planta de ubicación de Bancos de Materiales.

La caracterización geológica comprende la identificación y descripción de las unidades litológicas que conforman cada banco, considerando su composición, textura, coloración, grado de intemperismo, alteración, estructura y condiciones de fracturamiento. Cuando corresponde, se incorporan los resultados de la evaluación geomecánica del macizo rocoso, con el propósito de establecer sus condiciones de calidad y estabilidad, así como su comportamiento esperado durante las actividades de explotación.

Asimismo, se integran los datos proporcionados por los concesionarios respecto a las dimensiones, superficie, reservas o volumen autorizado, volumen de extracción acumulado, capacidad de producción y vida útil estimada de cada banco. Se describen también los procesos de explotación,

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

trituración y cribado, así como los principales productos obtenidos y su posible utilización en las diferentes etapas constructivas del proyecto. Estos aspectos se consideran conjuntamente con la ubicación del banco respecto al eje del trazo, a fin de valorar su disponibilidad y factibilidad como fuente de suministro de materiales.

Como parte de la caracterización, se incorporan los resultados de las campañas de prospección geofísica realizadas por la especialidad de geofísica mediante tomografía de resistividad eléctrica (TRE) y tomografía de refracción sísmica (TRS). La interpretación conjunta de ambas técnicas permite establecer unidades geoeléctricas y geosísmicas, definir su distribución y comportamiento en profundidad, así como generar un modelo geológico conceptual que complemente las observaciones superficiales. Asimismo, se señala la posible presencia o ausencia de niveles de agua freática dentro de la profundidad investigada.

Finalmente, para cada banco se presenta una valoración de su potencial como fuente de materiales, considerando sus características geológicas y geotécnicas, disponibilidad de reservas, capacidad de producción, accesibilidad y resultados de exploración. Cuando la información disponible así lo requiere, se establecen recomendaciones de estudios complementarios, tales como sondeos, orientados a corroborar la continuidad, calidad y propiedades físico-mecánicas de los materiales. La evaluación presentada constituye una valoración técnica preliminar, por lo que el aprovechamiento de cada banco deberá sujetarse al cumplimiento de las especificaciones de proyecto, resultados de laboratorio, condiciones de explotación y situación legal y administrativa de las concesiones y permisos correspondientes.

En la TABLA 14 se presenta el listado de los bancos con sus respectivas coordenadas, además de la distancia al trazo del proyecto.

TABLA 14. COORDENADAS DE BANCOS DE MATERIALES.

No.	ID	NOMBRE DEL BANCO	COORDENADAS UTM			Distancia al trazo (Km)
			X	Y	Z	
1	TIG-BM-001	Triturados AGRESA	255807	2318209	1923	9
2	TIG-BM-002	Agregados de México AGREMEX	237257	2318003	1891	8
3	TIG-BM-003	Taz Solution	232574	2318111	1825	10
4	TIG-BM-004	Triturados Santa Ana	230701	2317545	1795	10
5	TIG-BM-005	Trituradora Diablo	238902	2320503	1808	5
6	TIG-BM-006	Banco San José de los Romeros	240678	2329898	1873	5
7	TIG-BM-007	Triturados San Cristóbal	216213	2321865	1878	10
8	TIG-BM-008	Banco Gravaltos	768516	2309438	2100	6
9	TIG-BM-009	Banco Geológico Sacamecate	761061	2296105	2047	9
10	TIG-BM-010	Asfaltos Guadalajara	685177	2281694	1620	1

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

A. Levantamiento Geológico

De acuerdo con los trabajos que se realizaron en campo, se describe a continuación las características de cada banco de materiales.

a. Banco "Triturados AGRESA"

TRITURADOS AGRESA							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-001	255807	2318209	9	500,000	6,000,000	Balasto, grava, arena	Construcción, balasto

El banco de materiales de AGRESA se localiza en la carretera Guanajuato–Silao, en el Ejido San Marcos, perteneciente a la localidad de Los Rodríguez, al sureste de la ciudad de León de los Aldama, dentro del municipio de Silao de la Victoria, Guanajuato. El sitio se ubica a una distancia aproximada de 9 km del eje del trazo, en las coordenadas UTM 14Q 255807 m E y 2318209 m N (ver Ilustración 14).

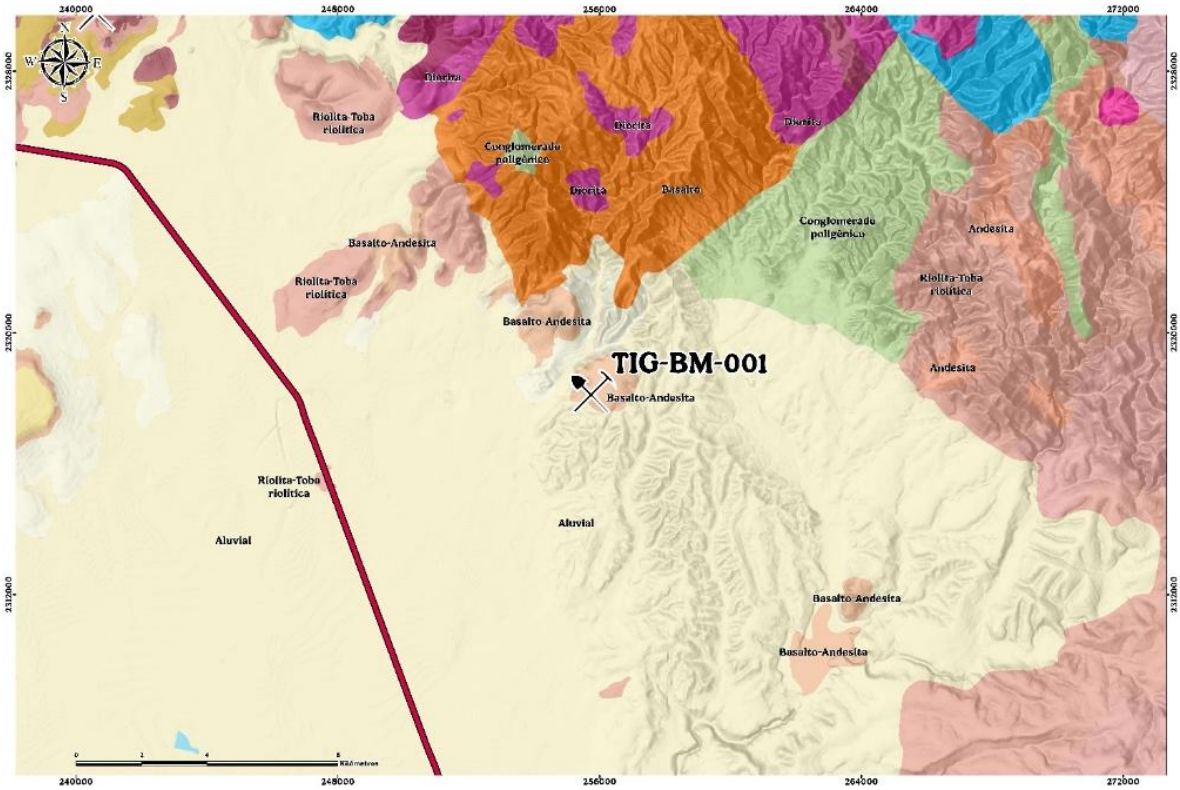


Ilustración 15. Defensa 2026, Planta de ubicación del Banco de Materiales "AGRESA".

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Desde el punto de vista geológico, el banco AGRESA está constituido por roca ígnea de carácter extrusivo, tratándose de basalto de composición máfica. La roca presenta una coloración marrón grisácea de tonalidad oscura en muestra alterada, mientras que en muestra sana exhibe un color gris oscuro. Además, posee una matriz afanítica en la que, con apoyo de una lupa de geólogo, se identifican cristales de olivino y plagioclasa. La matriz rocosa presenta diaclasas rellenas por vetillas de carbonatos (calcita); de igual manera, se observan dendritas de pirolusita. De acuerdo con el análisis geomecánico realizado en campo, se determinó que la calidad de roca del banco de material AGRESA corresponde a la Clase II de la clasificación RMR, por lo que se considera una roca de buena calidad y con estructura estable.

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario posee una longitud de 600 m y 833 m de ancho con un área aproximada de 500,000 m^2. El banco posee un volumen de concesión de 6,000,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 2,106,000 m^3, equivalente al 36% del volumen total autorizado; es decir, el banco cuenta con un volumen disponible de 3,894,000 m^3. Este banco reporta una producción de 1500 a 2000 m^3 de material por día, indicando una vida útil aproximada de 7 años, garantizando disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto.

El basalto extraído pasa por un proceso de trituración y cribado para la obtención de grava y arena, materiales destinados a la construcción, de igual manera comentan que existe la posibilidad de generar balasto. Con base en la información proporcionada por el banco, esté posee un volumen de concesión de 6,000,000 m^3 y un volumen aprovechado de 2,106,000 m^3. Según datos de la Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes (SICT, 2019), el nivel de despalme registrado es de 0.1 m.

Por sus características litológicas, capacidad de producción, disponibilidad de reservas y ubicación respecto al trazo del proyecto, el banco de material se considera una fuente potencial para el suministro de agregados pétreos y balasto. Su aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas, los resultados de los ensayes de laboratorio y la verificación de la vigencia de los permisos y concesiones de la mina, los cuales deberán revisarse una vez iniciado el proceso de compra con la mina.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

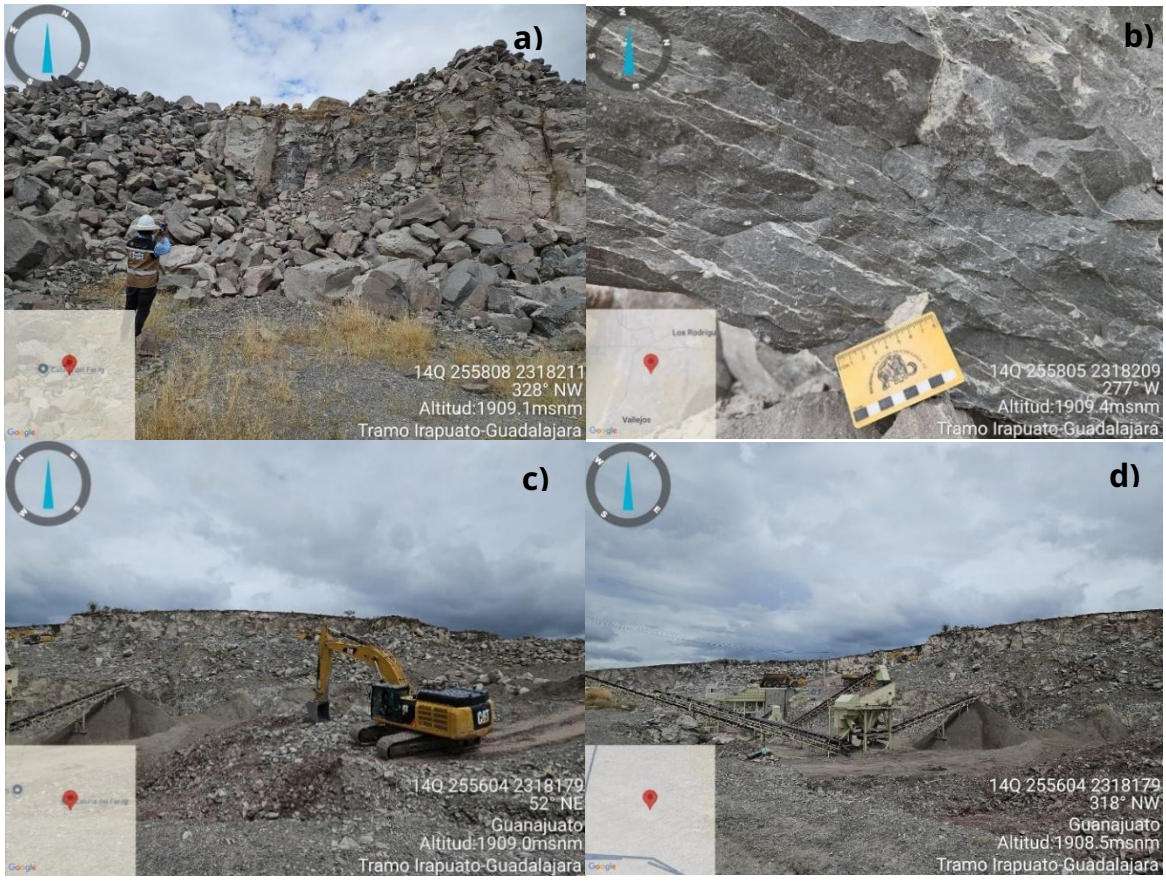


Ilustración 16. Defensa 2026, Banco de Material "AGRESA", a) reconocimiento del sitio, b) material explotado: basalto; c) frente de excavación, d) área de tratamiento.

Para evaluar el potencial del banco de material e identificar las unidades geofísicas que lo componen, se llevó a cabo una campaña de prospección geofísica en la que se realizaron tomografías de refracción eléctrica (TRE) y de resistividad sísmica (TRS), las cuales se describen a continuación.

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se realizó empleando un arreglo Dipolo-Dipolo, en un tendido de 164.5m con orientación oeste-este (W-E), donde se colocaron 48 electrodos con una separación de 3.5 m entre ellos. Este análisis tuvo un alcance de 40 m de profundidad, permitiendo identificar dos unidades geoeléctricas. La primera unidad posee una resistividad que va 70 a 250 Ωm, esta se observa en la parte superior del modelo inverso de resistividad, así como en la base del banco; por otro lado, la segunda unidad presenta una resistividad que va de 3 a 25 Ωm, y se localiza en la parte central del modelo (Ver Ilustración_____).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

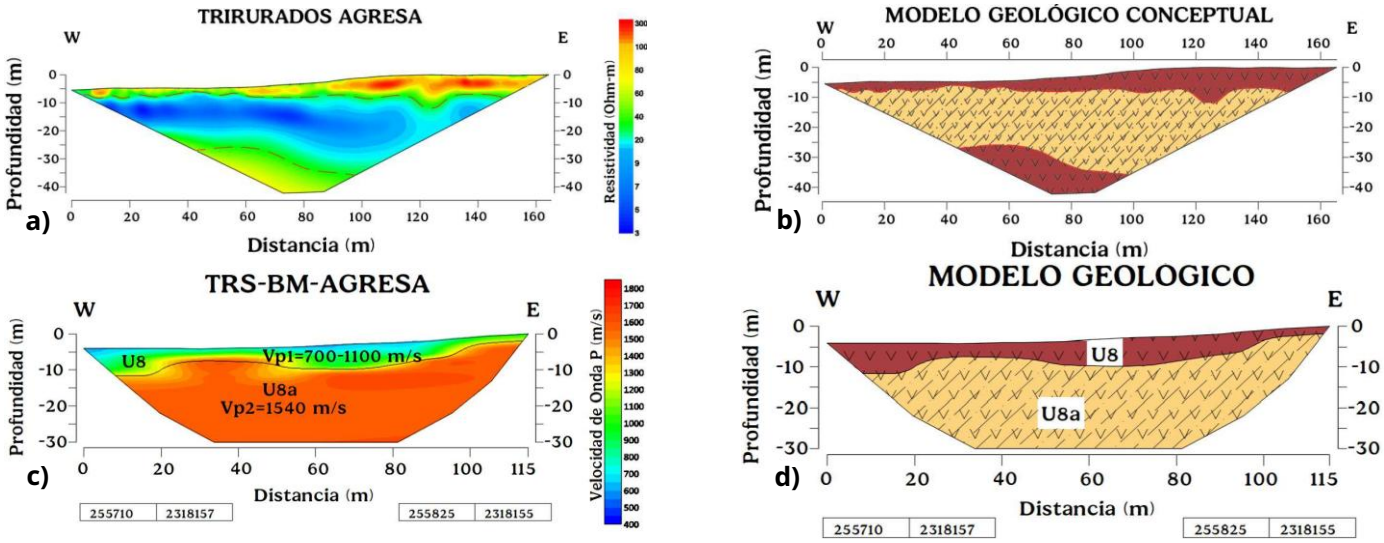


Ilustración 17. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

Por su parte, para la tomografía de refracción sísmica (TRS) empleo un tendido de 24 geófonos, con una separación de 5 m entre sí, dando una longitud de 115 metros con dirección oeste-este (W-E). Se emplearon cinco puntos de tiro, colocados a una distancia de 30 metros entre sí. Este análisis alcanzó una profundidad de 30 m, detectando al menos dos unidades geosísmica. La primera unidad registro una velocidad de propagación de onda (Vp) de 700 a 1100 m/s, mientras que la segundad unidad registro una velocidad de propagación de onda de 1540m/s, tal como se muestra en la Ilustración _____).

En general, ambos estudios de prospección geofísica permitieron identificar dos unidades geosísmicas, compuestas por derrames andesítico-basálticos; sin embargo, cada una presenta rangos particulares de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, posiblemente asociados con su estructura o grado de fracturamiento. Estos estudios de prospección geofísica no identificaron nivel de aguas freáticas (NAF).

Finalmente, con el propósito de determinar la continuidad de la unidad litológica a profundidad e identificar posibles cambios en la litología, así como conocer la condición o calidad de la roca (grado de fracturamiento, alteración, presencia de agua, etc.) que permitan definir sus propiedades geomecánicas, se recomienda la ejecución de un sondeo mixto, localizado en la parte más baja del banco de materiales y, a su vez, en un sector que no interfiera con las actividades o maniobras de la maquinaria del propio banco, cumpliendo con las condiciones necesarias de seguridad durante la ejecución del estudio.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

b. Banco “Agregados de México AGREMEX”

AGREGADOS DE MÉXICO (AGREMEX)							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-002	237257	2318003	8	2,000,000	14,000,000	Base hidráulica de 1 1/2" a Finos, *Balasto	Construcción

El banco de materiales Agregados de México (AGREMEX) se localiza sobre la carretera Salamanca–León, en el km 32+200, tomando la desviación hacia el predio Rancho El Muerto, cercano a la localidad de Santa Ana del Conde, municipio de Silao de la Victoria, Guanajuato. El sitio se ubica a una distancia aproximada de 8 km del eje del trazo, en las coordenadas UTM zona 14Q, 237257 mE y 2318003 mN (ver Ilustración 16).

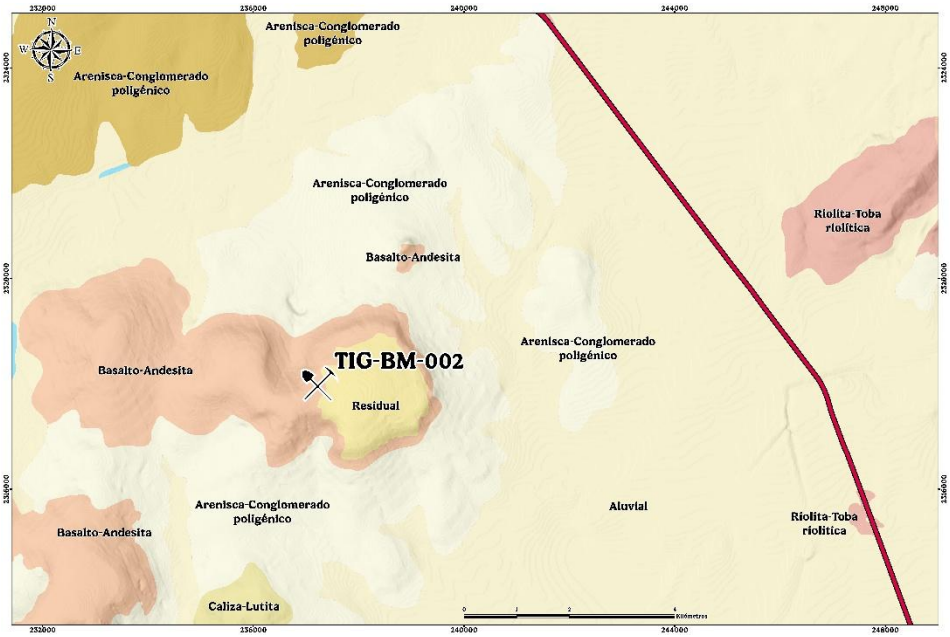


Ilustración 18. Defensa 2026, Planta de ubicación del banco de materiales Agregados de México AGREMEX.

Desde el punto de vista geológico, el banco AGREMEX está constituido por una roca ígnea extrusiva de composición máfica (basalto masivo). En superficie presenta una coloración marrón, producto de los procesos de intemperismo; sin embargo, en muestras frescas la roca exhibe una coloración gris oscuro. Macroscópicamente, se observa una matríz afanítica con cristales dispersos de piroxenos, anfíboles y plagioclasas. Localmente se identifican vetillas de carbonatos y dendritas de óxidos de manganeso. Mediante el análisis geomecánico, con base en el Rock Mass Rating (RMR) se clasificó el material del banco con calidad de roca regular y parcialmente estable (Ilustración 17).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, AGREMEX cuenta con longitud de 2,800 m y 714 m de ancho, por lo tanto, el área correspondiente es de 2,000,000.00 m^2. El volumen concesionado asciende a 140,000,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 10,230,500 m^3, equivalente al 7 % del volumen total autorizado. Con base en el ritmo actual de explotación (45 a 60 mil toneladas/mes) se estima una vida útil remanente de aproximadamente 35 años, lo que garantiza la disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto. El tratamiento del material se realiza mediante el proceso de trituración y cribado, obteniendo materiales que cumplen con la granulometría adecuadas para procesos constructivos (Base hidráulica de 1 1/2" a finos, con posibilidad de producir balasto).

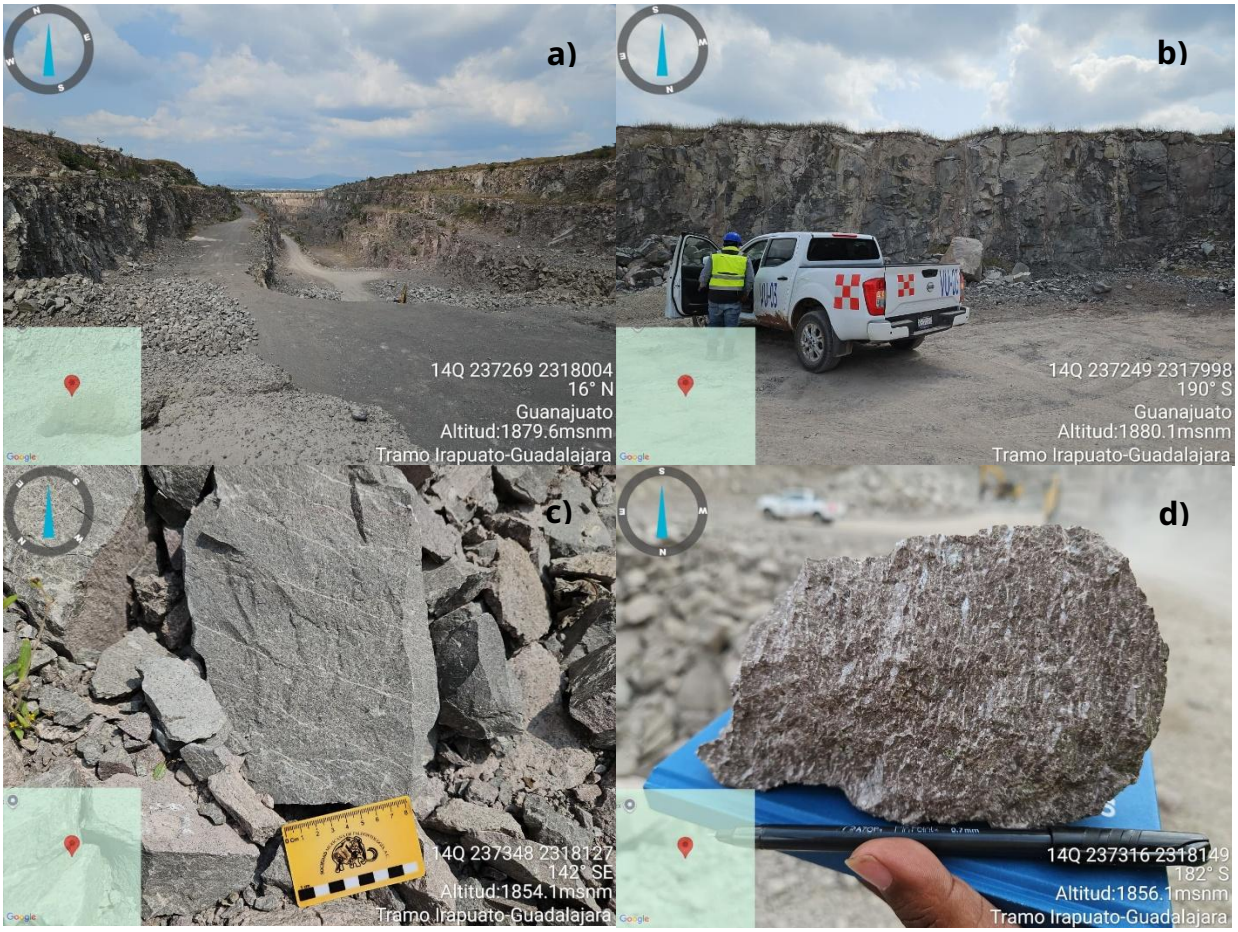


Ilustración 19. Defensa 2026, Banco AGREMEX, a) Niveles de banqueo; b) Frente de excavación; c) Basalto alterado por vetillas de carbonatos; d) Muestra de mano representativa.

Las características litológicas del banco, aunadas a su capacidad de producción, disponibilidad de reservas y ubicación con respecto al trazo del proyecto, lo convierten en una fuente potencialmente adecuada para el suministro de agregados pétreos y balasto, sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas para los materiales de construcción y a los resultados de los

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ensayes de laboratorio correspondientes. Aunado a lo anterior los permisos y concesiones deberán revisarse una vez iniciado el contrato de compra con la mina.

Para evaluar el potencial de los bancos de materiales e identificar las unidades geofísicas que los componen, se llevó a cabo una campaña de prospección geofísica en la que se realizaron tomografías de refracción sísmica (TRS) y de resistividad eléctrica (TRE), las cuales se describen a continuación:

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se realizó empleando un arreglo Dipolo-Dipolo, en un tendido de 235 m con orientación noreste-suroeste (NE-SW), donde se colocaron 48 electrodos con una separación de 5 metros entre ellos. Este análisis tuvo un alcance de 60 m de profundidad, permitiendo identificar tres unidades geoeléctricas. La primera unidad geoeléctrica, compuesta por una cubierta superficial de material meteorizado de composición andesítico-basáltico con presencia de finos, posee una resistividad que va de 90 a 200 Ω m, y se presenta en la parte superficial; por otro lado, la segunda unidad geoeléctrica, se interpreta como un derrame de lava andesítica-basáltica, presenta una resistividad que va de 250 a 900 Ω m. Finalmente, la tercera unidad geoeléctrica corresponde a una derrame de lava andesítica-basáltica, caracterizado por una resistividad de 60-200 Ω m.

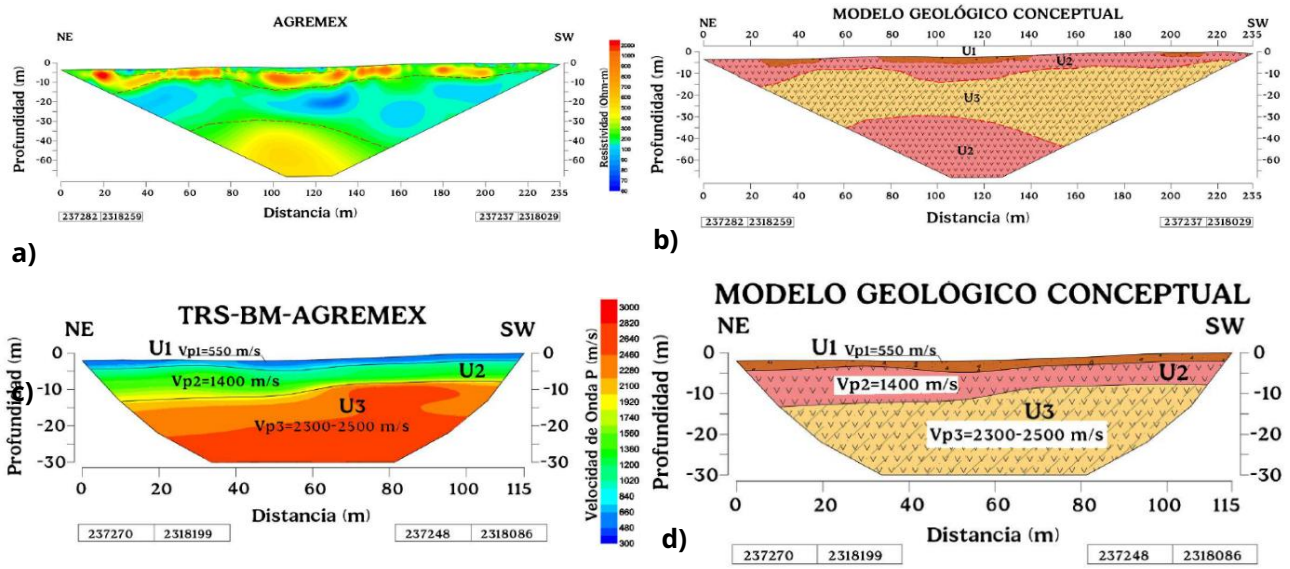


Ilustración 20. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

La tomografía de refracción sísmica (TRS) se realizó con un tendido de 24 geófonos a una distancia de 5 m entre sí, dando una longitud de 115 m, se emplearon 5 puntos de tiro, las cuales se colocaron a 30 m entre sí. Este análisis alcanzo una profundidad de 30 m, detectando al menos tres unidades geosísmicas: la primera unidad geosísmica, definida como una cubierta superficial de material meteorizado, registro una velocidad de propagación de onda P de 550 m/s, mientras que la segunda unidad geosísmica, compuesta por derrames andesítico-basálticos, registró una velocidad de propagación de onda P de 1400 m/s, por otro lado, la tercera unidad geosísmica identificado como

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

un derrame de lava andesítica-basáltica, registró una velocidad de propagación de onda de 2300-2500 m/s.

En general, ambos estudios de prospección se identificaron tres unidades geofísicas, compuestas por derrames andesítico-basálticos y una cubierta superficial de material meteorizado, sin embargo, cada unidad posee rangos de valores, de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, particulares, asociados de su estructura.

Se recomienda la ejecución de un sondeo mixto ubicándolo en un punto representativo dentro del banco de material, permitiendo obtener una información más precisa del subsuelo para la adecuada caracterización del depósito y determinar si la unidad de roca identificada en superficie se mantiene en profundidad.

Adicionalmente, el área destinada para la ejecución del sondeo presenta condiciones favorables de accesibilidad y espacio disponible, el posicionamiento del equipo de perforación y la realización de las maniobras requeridas para el desarrollo de los trabajos, garantizando condiciones adecuadas de seguridad y operatividad durante la ejecución del estudio. Con base en la interpretación de los estudios geofísicos, no se identificó la presencia de un nivel de aguas freáticas (NAF) dentro del banco de materiales, hasta la profundidad investigada.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

c. Banco “TAZ Solution”

TAZ SOLUTION							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-003	232574	2318111	10	250,000	5,000,000	Grava, arena	Revestimiento, sub base, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico

El banco de material Taz Solution se localiza en la localidad de Santa Ana del conde, sobre la carretera que conduce a la misma localidad; perteneciente al municipio de León de los Aldama. El sitio se ubica a una distancia aproximada de 10 km del eje del trazo, en las coordenadas UTM 14Q 232574 mE, 2318111 mN (Ver imagen _____).

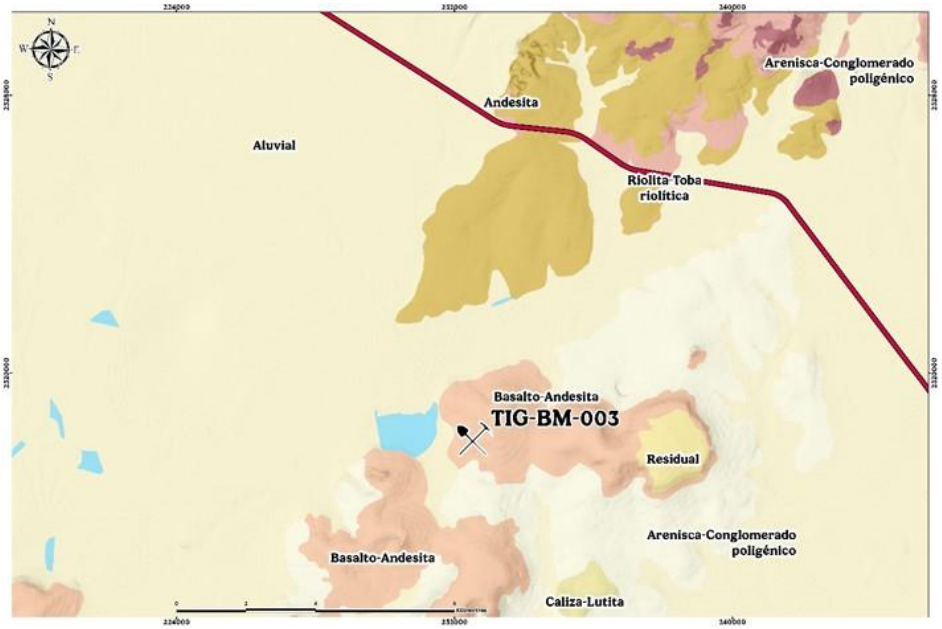


Ilustración 21. Planta de ubicación del Banco de Materiales “Taz Solution” (Defensa, 2026).

Desde el punto de vista geológico, el banco Taz Solution, se compone de roca basalto andesítico, la cual se presenta de manera masiva. A detalle la roca presenta un color gris oscuro en muestra sana, mientras que en muestra intemperizada presenta un color marrón claro, además de exhibir una textura afanítica. Con apoyo de lupa de geólogo, se logran identificar piroxenos, y plagioclasa.

La matriz rocosa presenta diaclasas rellenas por vetillas de carbonatos. Además, se aprecian sectores con un color verdoso, debido a procesos de cloritización, así como dendritas de pirolusita. Con base en el análisis geomecánico realizado en sitio, el macizo rocoso se encuentra dentro de

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Clase III, según la clasificación RMR, lo que indica que el material pose una calidad de roca regular y una estructura parcialmente estable.

A partir de la información proporcionada por el concesionario, Taz Solution posee una longitud de 650 m, un ancho de 384 m, así como un área aproximada de 250 000 m^2. El volumen concesionado asciende a 5,000,000 m^3 de material aprovechaba, no obstante, a la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada de 540, 000 m^3, lo que equivale alrededor de 11% del volumen total, por lo que el banco cuenta con las reservas necesarias que puedan garantizar disponibilidad de material a las necesidades del proyecto.

El basalto andesítico extraído pasa por un proceso de trituración y cribado, para la obtención de grava y arena, de granulometría adecuada para procesos constructivos, así mismo, los usos probables de este material son para revestimiento, sub base, base, concreto asfaltico, mezcla asfáltica y concreto hidráulico; además, el concesionario menciona que cuenta con el equipo para la generación de balasto. La Secretaría de Infraestructura, caminos y Transportes (SICT, 2019) informa que el grosor de despalme para este banco es de 1.0 m.

Por sus características litológicas, capacidad de producción, disponibilidad de reservas y ubicación respecto al trazo del proyecto, el banco de material se considera una fuente potencial para el suministro de agregados pétreos y balasto. Su aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas, los resultados de los ensayes de laboratorio y la verificación de la vigencia de los permisos y concesiones de la mina.



Ilustración 22. Banco de Material "Taz Solution", a) reconocimiento del sitio, b) material explotado: basalto andesítico; c) frente de excavación, d) toma de datos estructurales (Defensa, 2026).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Con el fin de evaluar el potencial del banco "Taz Solution", identificando las unidades geológicas que los componen, se realizó prospección geofísica mediante tomografías de refracción sísmica (TRS) y de resistividad eléctrica (TRE), las cuales se describen a continuación.

Para la tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se empleó el arreglo Dipolo-Dipolo, mediante el cual se generó un perfil de 235 metros de longitud, con orientación NW-SE. Para este arreglo se emplearon alrededor de 48 electrodos, con una separación de 5 metros entre sí. La tomografía alcanzó una profundidad de análisis de 60 m, donde se identificaron al menos dos unidades, ambas conformadas por derrames andesítico-basálticos, pero con valores de resistividad distintos, posiblemente asociados a su estructura. La primera unidad presenta un rango de resistividad de 70 a 250 Ωm; mientras que la segunda unidad presenta una resistividad que va de 40 a 70 Ωm. El perfil generado muestra que la primera unidad se localiza tanto en la zona más somera y al centro, como en la parte inferior derecha, mientras que la segunda unidad se encuentra entre estas secciones, envolviéndolas, tal como se muestra en la Ilustración_____.

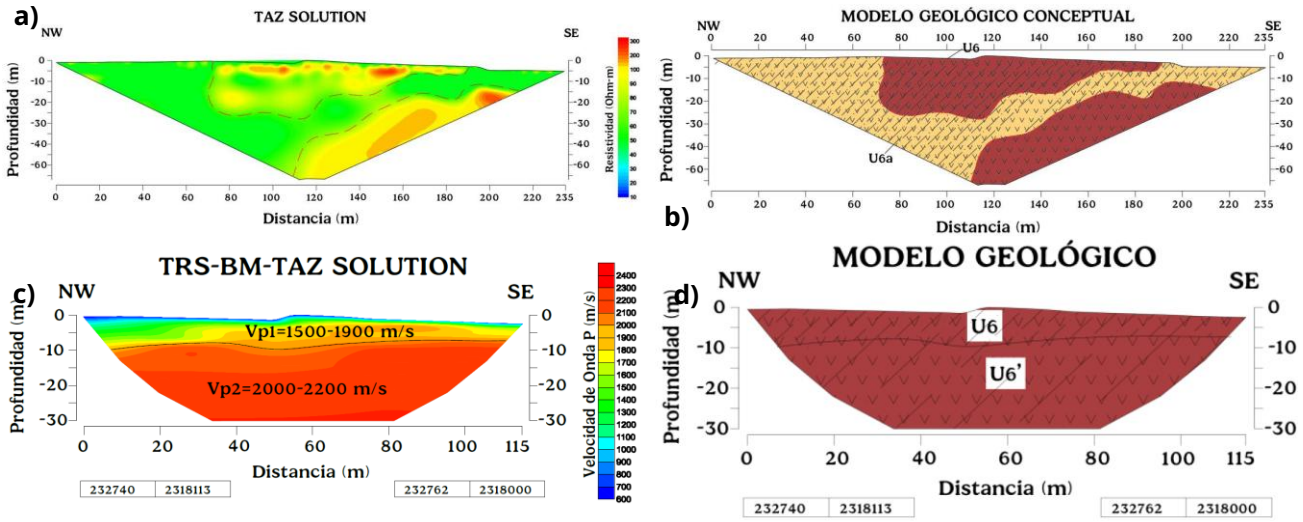


Ilustración 23. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

Por otro lado, la tomografía de refracción sísmica (TRS) se realizó mediante un tendido de 115 m de longitud con dirección noroeste-sureste (NW-SE), en el que se instalaron 24 geófonos, con una separación de 5 metros entre sí. Además, se emplearon cinco puntos de tiro, también separados 5 m entre sí. Este análisis permitió obtener información hasta una profundidad aproximada de 30 m, donde se identificaron dos unidades geosísmicas, ambas conformadas por derrames andesítico-basálticos. La primera unidad registra velocidades de propagación de onda P de 1,500 a 1,900 m/s, mientras que la segunda unidad presenta velocidades de 2,000 a 2,200 m/s, tal como se muestra en la Ilustración _____.

En conjunto, la prospección geofísica mediante tomografía de resistividad eléctrica (TRE) y tomografía de refracción sísmica (TRS) permitió identificar al menos dos unidades geofísicas conformadas por derrames andesítico-basálticos; sin embargo, cada una presenta diferentes valores de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, posiblemente asociados a sus

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

características estructurales o al grado de fracturamiento. Además, en ambas tomografías, no se identificó nivel de aguas freáticas (NAF).

Finalmente, se recomienda efectuar un sondeo mixto en un punto estratégico de la zona inferior del banco de materiales, ubicado de manera que no interfiera con las operaciones y movimientos de la maquinaria. El estudio permitirá conocer el comportamiento de la unidad litológica en profundidad, así como reconocer posibles variaciones en su composición y evaluar las condiciones de la roca, considerando su fracturamiento, grado de alteración y presencia de agua, entre otros aspectos, para establecer sus propiedades geomecánicas. El sitio seleccionado deberá contar con las condiciones de seguridad requeridas para llevar a cabo los trabajos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

d. Banco “Triturados Santa Ana”

TRITURADOS SANTA ANA							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-004	230701	2317545	10	360,000	12,000,000	Grava, arena	Construcción

Triturados Santa Ana se localiza al sureste de la ciudad de León de los Aldama, en la localidad Santa Ana del Conde, perteneciente al municipio de León. La vía principal de acceso es sobre la carretera hacia Santa Ana del Conte, desviación hacia la izquierda. El sitio se ubica a una distancia aproximada de 10 km del eje del trazo; en las coordenadas UTM 14Q 230701mE, 2317545mN (Ver Ilustración ___).

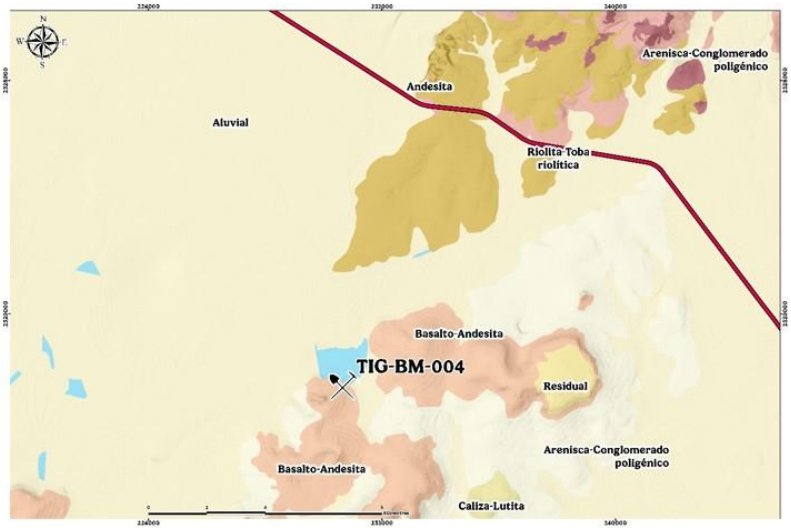


Ilustración 24. Planta de ubicación del Banco de Materiales “Santa Ana” (Defensa, 2026).

Desde el punto de vista geológico, el banco explota roca basalto andesita, depositada de manera masiva. Esta roca presenta un color gris oscuro en muestra sana, mientras que en muestra intemperizada presenta un color marrón claro. De textura afanítica, con apoyo de lupa de geólogo, se identifican de piroxenos, anfiboles y plagioclasas. Sobre los planos de discontinuidad (fracturas) se observan dendritas de pirolusita, así como zonas de coloración verdosa asociada a posible alteración. La estructura del macizo rocoso presenta al menos tres sistemas de discontinuidades, conformadas por fracturas.

Dentro del análisis geomecánico, se observó que la matriz rocosa se compone de roca dura, mientras que el macizo roco exhibe un RQD que va de 50 a 75%. En general, el macizo rocoso que integra el banco de material correspondiente a Clase III, según la clasificación RMR, es decir que este

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

banco de material posee una calidad de roca regular, además de una estructura parcialmente estable.

De acuerdo con la información proporcionada por "Triturados Sanata Ana, este banco cuenta con una longitud de 700m, con un ancho de 514 m; además de contar un área aproximada de 360, 000 m^2. El volumen concesionado asciende a 12,000, 000 m^3 de material aprovechable; a la fecha de la visita técnica, el banco reporta una extracción acumulada aproximada de 11, 550, 000 m^3, lo cual equivale al 96% del volumen total autorizado. Al realizar la exploración geológica se identificó un espesor de despalme aproximado de 1m.

El basalto andesítico extraído pasa por un tratamiento de trituración y cribado, obteniendo gravas, de granulometría adecuada para construcción, así como arena. Aunado a esto, el concesionario menciona contar con las herramientas necearías para la producción de balasto, así como demás materiales esenciales para el proceso constructivo del proyecto.

Con base en las características litológicas y geomecánicas del material, así como su disponibilidad de reservas y ubicación respecto al trazo, el banco de material se considera una posible fuente de suministro de agregados pétreos y balasto que satisfagan las necesidades del proyecto. Su aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas, los resultados de los ensayes de laboratorio y la verificación de la vigencia de permisos y concesiones de la mina.



Ilustración 25. Banco de Material "Santa Ana", a) Frente de excavación, b) material explotado: basalto; c) material intemperizado d) muestra con cloritización (Defensa, 2026).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Para evaluar el potencial de Santa Ana e identificar las unidades geofísicas que lo componen, se llevó a cabo una campaña de prospección geofísica en la que se desarrollaron tomografías de refracción sísmica (TRS) y de resistividad eléctrica (TRE).

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se llevó a cabo empleando un arreglo Dipolo-Dipolo, se realizó un tendido de 235 m. de longitud con orientación noroeste-sureste (NW-SE), con un total de 48 electrodos distribuidos a cada 5 m. Se alcanzó una profundidad de 60 m. permitiendo identificar tres unidades geoeléctricas. La primera se compone de una cubierta superficial de material meteorizado, correspondiente a una roca de tipo andesítico-basáltico, esta unidad se ubica en la superficie y presenta un rango de resistividad de 80-120 Ω m. La segunda unidad geoeléctrica está definida como un derrame andesítico-basáltico, esta presenta una resistividad que va de 25 a 90 Ω m. Finalmente se identificó una unidad geoeléctrica con características litológicas propias de un derrame andesítico-basáltico con un rango de resistividad de 120-200 Ω m. Al realizar el estudio de TRE no se identificó el Nivel de Aguas Freáticas (NAF).

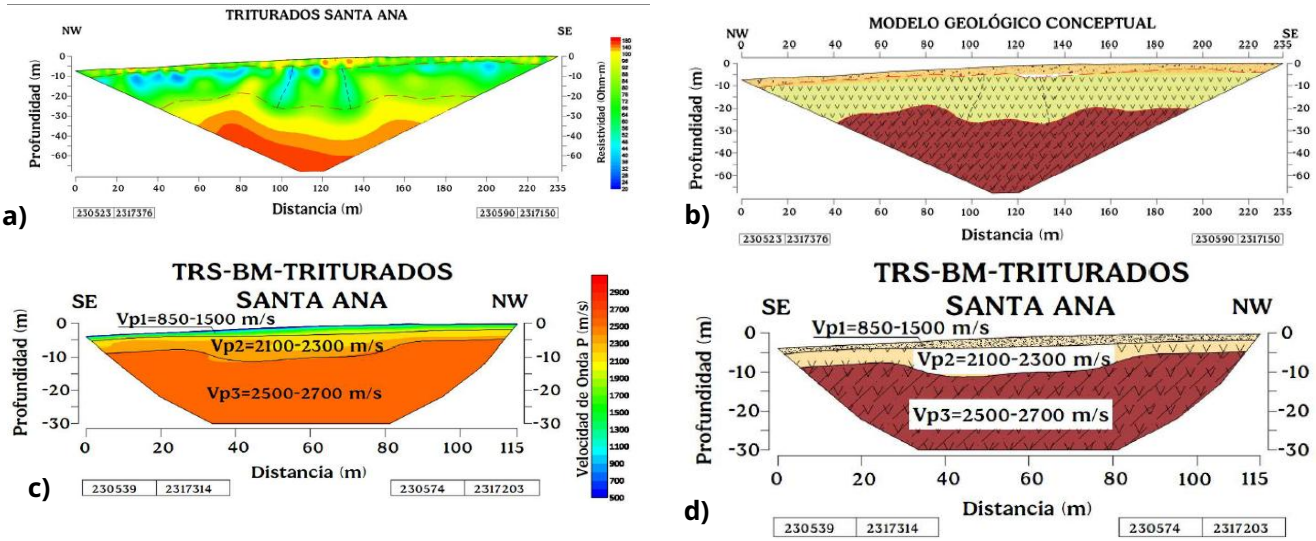


Ilustración 26. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

La Tomografía de refracción sísmica se realizó mediante un tendido de 24 geófonos a una distancia de 5 metros entre sí, obteniendo una longitud de 115 m. Se emplearon 5 puntos de tiro, colocados a 30 metros de distancia entre sí. Este análisis alcanzó una profundidad de 30 metros, permitiendo caracterizar tres unidades geosísmicas, la primera está definida como una cubierta superficial de material meteorizado andesítico-basáltico, la cual registró un rango de velocidad de propagación de onda P de 850-1500 m/s. La segunda unidad geosísmica está conformada por derrames andesítico-basáltico, presentando un rango de velocidad de onda de 2100-2300 m/s; finalmente la última unidad geosísmica está clasificada litológicamente como derrame andesítico-basáltico, presentando un rango de velocidad de onda de 2500-2700 m/s. al realizar el estudio de TRS no se identificó el Nivel de Aguas Freáticas (NAF).

Al realizar la correlación de resultados obtenidos en cada uno de los estudios permitió identificar la similitud en la caracterización litológica, compuesta por derrames andesítico-basálticos y una

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

cubierta superficial de material meteorizado, no obstante, cada uno de los estudios maneja diferentes unidades de medida, los rangos obtenidos en cada uno de los estudios se asocian también a las características como estructuras y fracturas asociadas.

Se recomienda realizar un sondeo mixto en un sitio representativo del banco de materiales, el propósito de este sondeo es corroborar la interpretación geofísica de la litología identificada, validar la profundidad y continuidad de las unidades detectadas, además de determinar con mayor precisión el espesor aprovechable del banco, permitiendo generar cálculo de volumen y potencial de explotación. Considerando estos factores, para Santa Ana se propone el sondeo mixto en la parte más baja del banco, esto contemplando el espacio y las maniobras necesarias para el acomodo del equipo y a su vez, minorizar el impacto a las labores operativas del banco.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

e. Banco “Trituradora Diablo”

TRITURADORA DIABLO							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-005	238902	2320503	5	300,000	12,000,000	Gravas y arenas de basalto	Construcción

El banco Trituradora Diablo se localiza en la localidad de Bajío de Bonillas, al noreste del municipio de Silao de La Victoria, puntualmente se encuentra sobre el cerro denominado El Diablo. Este banco se encuentra entre la Autopista León-Salamanca y la autopista León-Silao. El acceso se encuentra desviándose por la carretera Romita-Puerto interior. El sitio se ubica a una distancia aproximada de 5 km del trazo; en las coordenadas UTM 14Q 238902mE, 2320503mN.

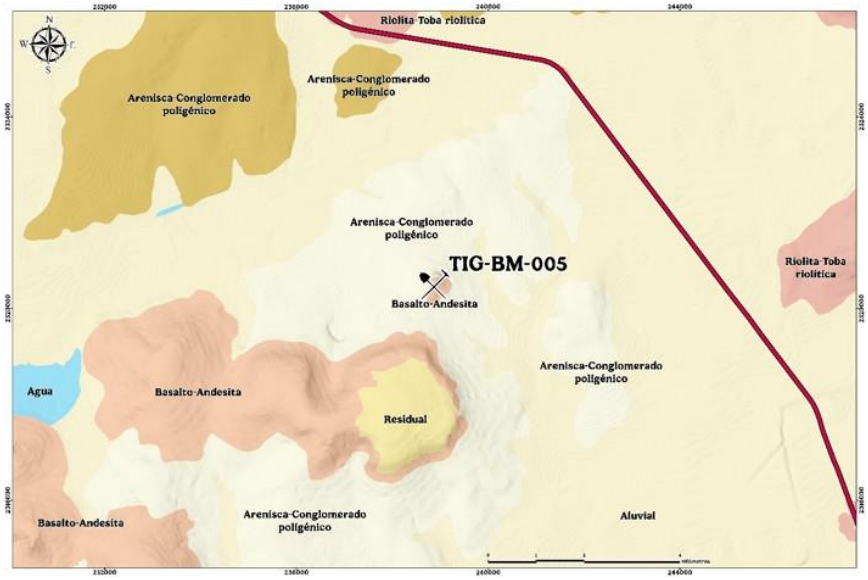


Ilustración 27. Planta de ubicación del Banco de Materiales “Trituradora Diablo” (Defensa, 2026).

Durante la exploración geológica, se identifica que el material constituyente de Trituradora Diablo corresponde a roca de tipo basalto. Dentro de este banco se identifican dos eventos volcánicos, el primero, localizado en la parte inferior del afloramiento, se compone de basalto columna, compacto y denso, que exhibe un color gris oscuro en muestra sana, mientras que en muestra alterada posee un color marrón grisáceo. La matriz rocosa se compone de una matriz afanítica que, con apoyo de la lupa de geólogo, se logran identificar minerales ferromagnesianos, como piroxenos y anfiboles. Por otro lado, en la cima del afloramiento se idéntica basalto de color gris, en muestra sana, que muestra tonalidades moradas en zonas intemperizadas, esta roca se presenta en forma de bloques con presencia de abundantes vesículas.

El material con mayor presencia en el afloramiento muestra una estructura conformada por fracturas que columnas pentagonales. Dentro del análisis geomecánico, se observa que la matriz

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

rocosa se compone de roca muy dura, mientras que el macizo rocoso posee un RQD que va de 75 a 90%. En general, el macizo rocoso que compone el banco de material corresponde a Clase II, según la clasificación RMR, es decir, la calidad de roca que se explota en este banco es buena además de poseer una estructura estable.

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, el banco posee una longitud de 52 m y un ancho de 575 m, además, el talud donde se encuentra el frente de excavación posee una altura de 55 metros. El área aproximada de este banco ronda los 300, 000m^2. El volumen de concesión ronda los 12, 000, 000 m^3, mientras que, el volumen aprovechado asciende a 5,600, 000 m^3, lo que se traduce aproximadamente a 47% de material aprovechado.

El basalto explotado pasa por un tratamiento de trituración y cribado, generando así gravas y arenas con las granulometrías adecuadas para distintos procesos constructivos; además, el concesionario menciona que cuentan con la capacidad para elaborar grava de 1 ½" y ¾" solo bajo pedido.

Debido a sus características litológicas, así como a su capacidad de producción, disponibilidad de reservas y cercanía al trazo del proyecto, este banco representa una alternativa viable para el abastecimiento de agregados pétreos y balasto. No obstante, su aprovechamiento estará condicionado al cumplimiento de las especificaciones técnicas aplicables a los materiales de construcción, así como a los resultados favorables de los ensayes de laboratorio correspondientes. Asimismo, los permisos y concesiones vigentes deberán verificarse una vez que se formalice el contrato de compra con la mina.

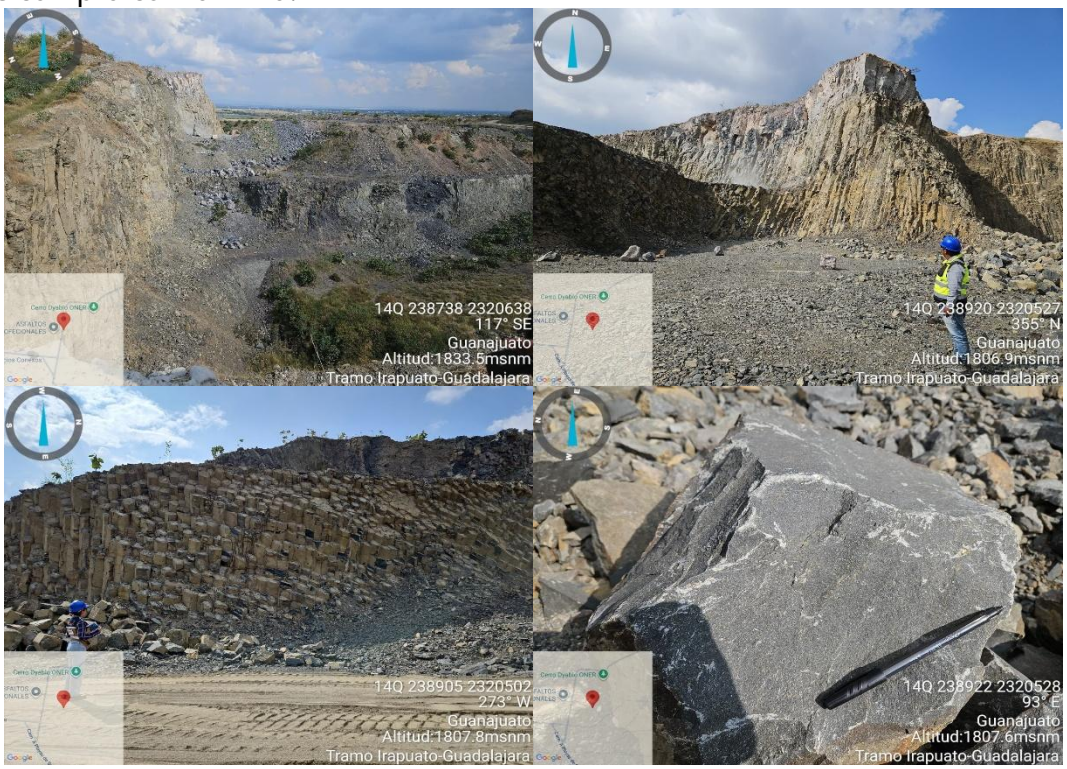


Ilustración 28. Banco de Material "Trituradora Diablo", a) Vista general del banco, b) Vista frente de excavación norte c) Vista frente de excavación sur, d) Material extraído: roca basalto (Defensa, 2026).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La prospección geofísica realizada en Trituradora Diablo comprende estudios de Tomografías de refracción sísmica (TRS) y de resistividad eléctrica (TRE), las cuales están descritas a continuación.La Tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se realizó media el arreglo Dipolo-Dipolo, con el cual se generó un perfil de 235 m de longitud, con orientación suroeste-noreste (SW-NE), para este arreglo se emplearon 48 electrodos, con una separación de 5 m entre sí. La TRE, alcanzó una profundidad de investigación de 60 m, donde se identificaron al menos dos unidades geoeléctricas, ambas compuestas por derrames basálticos, pero con resistividades distintas. La primera unidad presenta un rango de resistividad de 60 a 450 Ωm, mientras que la segunda unidad exhibe una resistividad que va de 2 a 25 Ωm.

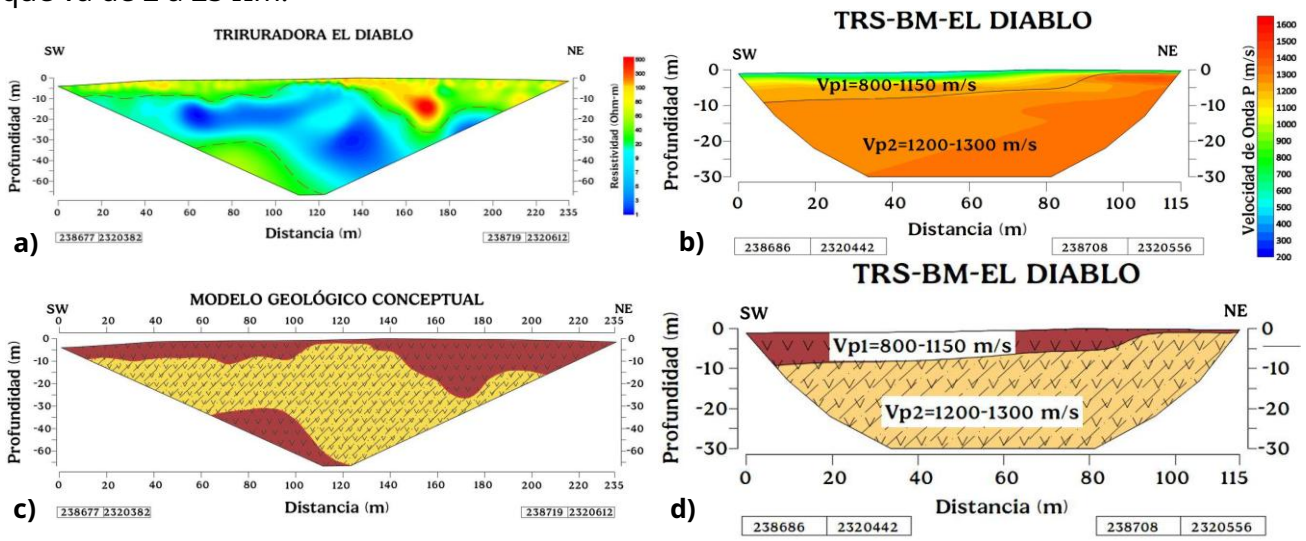


Ilustración 29. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

De manera integral, se realizó una Tomografía de refracción sísmica (TRS), mediante un tendido 115 m, con orientación suroeste-noreste (SW-NE), donde se colocaron 24 geófonos con una separación de 5 m entre sí. La fuente, o puntos de tiro, se colocaron a una distancia de 30 m entre cada uno, teniendo un total de cinco puntos. La profundidad alcanzada por la TRS fue de 30 m. donde se identificaron dos unidades geosísmicas, ambas conformadas por derrames basálticos. La primera unidad, localizada en la parte más somera, registra velocidades de propagación de onda que va de 800 a 1,150 m/s, mientras que la segunda unidad, localizada a la base del perfil, posee una velocidad de propagación de 1,200 a 1,300 m/s.

En conjunto, las tomografías de resistividad eléctrica (TRE) y de refracción sísmica (TRS) permitieron identificar dos unidades geofísicas conformadas por derrames basálticos que, aunque corresponden al mismo tipo de roca, presentan diferentes valores de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, posiblemente asociados a sus características estructurales. A pesar de que la diferencia en la profundidad de investigación entre ambas tomografías es de 30 m, los dos métodos coincidieron en la identificación de las mismas dos unidades, conformadas por el mismo material. Además, en ambas tomografías, no se identificó nivel de aguas freáticas (NAF).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Finalmente, se recomienda realizar un sondeo mixto en el sector de mayor profundidad del banco de materiales, seleccionando una ubicación que permita desarrollar los trabajos sin afectar las actividades ni el desplazamiento de la maquinaria del banco. Este estudio permitirá determinar la continuidad de la unidad litológica en profundidad, identificar posibles cambios en sus características y evaluar el estado de la roca en función de su grado de fracturamiento, alteración y presencia de agua, entre otros factores, con el objetivo de definir sus propiedades geomecánicas. Asimismo, el punto de ejecución deberá garantizar las condiciones de seguridad necesarias para el desarrollo del sondeo.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

f. Banco “San José de los Romeros”

BANCO SAN JOSÉ DE LOS ROMEROS							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-006	240678	2329898	5	100,000.0	4,000,000.0	Gravas y arenas de basalto	Mampostería

El banco de materiales San José de los Romeros se localiza en la localidad con el mismo nombre, perteneciente al municipio de, León Guanajuato, sobre eje metropolitano, salida izquierda a 3000 m. Específicamente en las coordenadas UTM 14Q 240678mE 2329898 mN, se ubica a una distancia aproximada de 5 km del eje del trazo del proyecto.

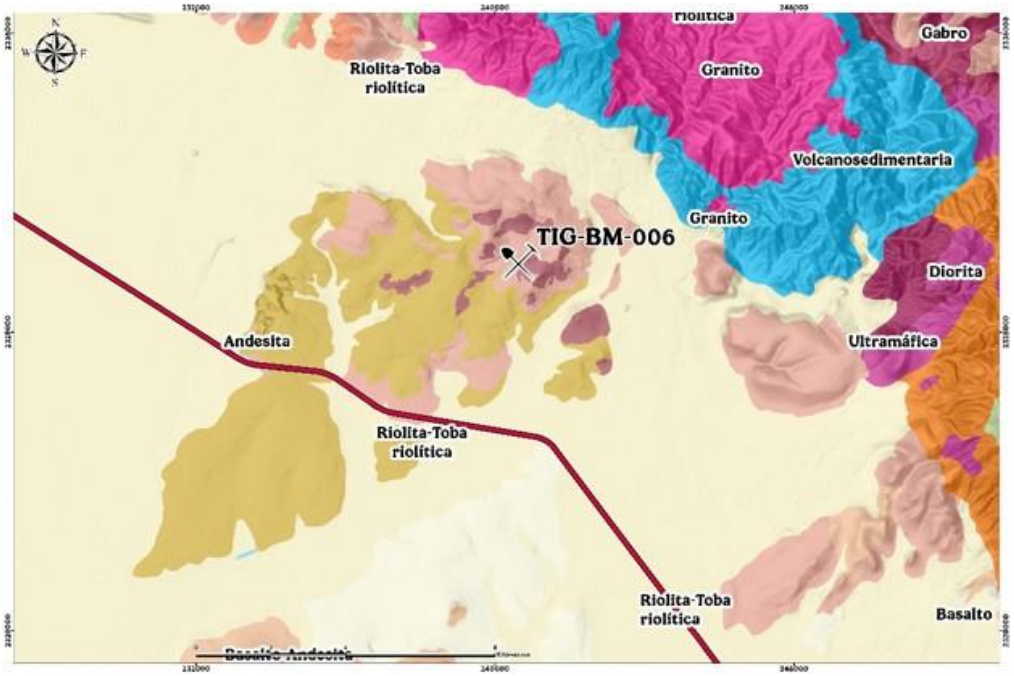


Ilustración 30 Planta de ubicación del banco de materiales San José de los Romeros (Defensa, 2026)

Desde el punto de vista geológico, San José de los Romeros está conformado por una roca basalto depositado de manera masiva. En muestra de mano intemperizada exhibe una coloración color rosa-amarillo, gris oscuro en roca sana y textura afanítica. Para la mineralogía, con ayuda de una lupa geológica, se identifican minerales de color verde, posiblemente olivinos y cristales de colores claros, posibles plagioclasas. A simple vista se observan abundantes dendritas de óxidos de manganeso (pirolusita) en planos de fracturas como indicador de alteración de minerales. El banco presenta fracturas en al menos 3 direcciones, con orientación preferencial hacia el NE. Mediante el análisis geomecánico, con base en el Rock Mass Rating (RMR) se clasificó el material del banco con calidad de roca regular y parcialmente estable.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, San José de los Romeros cuenta con longitud de 500 m y 200 m de ancho, por lo tanto, el área correspondiente es de 100,000.00 m^2. El volumen concesionado asciende a 4,000,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 386,400 m^3, equivalente al 10 % del volumen total autorizado, lo que garantiza la disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto. El tratamiento del material se realiza mediante el proceso de trituración y cribado, obteniendo materiales que cumplen con la granulometría adecuadas para usos de mampostería (arena, grava y basalto). En los registros públicos de la Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes (SICT), se reporta un espesor de despalme 0.4 m.



Ilustración 31. Banco de material San José de los Romeros a) panorámica del banco de material, b) frente de excavación, c) vista a detalle del afloramiento, d) toma de muestra del banco. (Defensa, 2026).

Las características litológicas del banco, en conjunto con su capacidad de producción, la disponibilidad de reservas y su ubicación estratégica con respecto al trazo del proyecto, lo convierten en una fuente con alto potencial para el suministro de agregados pétreos y balasto. No obstante, su aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas aplicables a los materiales de construcción, así como a los resultados satisfactorios de los ensayes de laboratorio correspondientes.

Adicionalmente, será necesario verificar la vigencia y el alcance de los permisos, autorizaciones y concesiones aplicables una vez iniciado el proceso de con la mina, a fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y regulatorios para la explotación y suministro del material.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El estudio de prospección geofísica para le banco de material de San José de los Romeros, se conforma de tomografías de refracción sísmica (TRS) y resistividad eléctrica (TRE). Estos estudios permiten evaluar el potencial de banco, identificando unidades geofísicas que lo componen a partir de sus propiedades físicas, como velocidad de propagación de onda y resistividad de corriente eléctrica.

Para la tomografía de refracción sísmica (TRS) se realizó un tendido de 115 m de longitud, con orientación norte-sur (N-S), donde se instalaron 24 geófonos, posicionados a 5 m de separación entre sí. Así mismo, se emplearon cinco puntos de tiro, colocados una distancia de 30 m entre cada uno sobre el tendido. El estudio de prospección geofísica mediante la TRS alcanzo una profundidad de análisis de 30 m, identificando al menos dos unidades geosísmicas, conformados por derrames andesíticos-basálticos, sin embargo, con velocidad de propagación de onda diferente. La primera unidad presenta una velocidad de onda de 1200 m/s, mientras que la segunda unida exhibe una velocidad de onda de 2000 m/s.

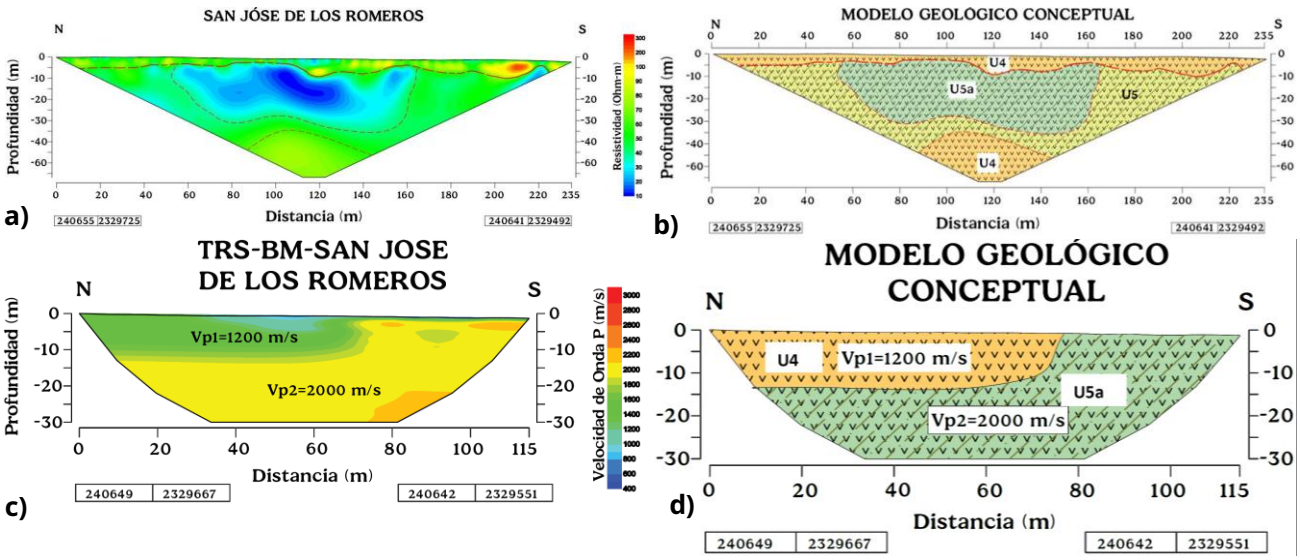


Ilustración 32. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

Por otro lado, la Tomografía de resistividad eléctrica (TRE) alcanzo una profundidad de análisis llegando hasta los 60 m. Para este estudio se empleó un arreglo Dipolo-Dipolo, mediante el cual se generó un perfil de 235 m de longitud, utilizando 48 electrodos con una separación de 5 m entre sí. La TRE identifico al menos tres unidades geoeléctricas, compuestas por derrames andesítico-basálticos. La primera unidad presenta una resistividad de 70 a 250 Ωm, esta se localiza tanto en la base como en la parte superior del perfil; mientras que la segunda unidad presenta una resistividad de 40 a 80 Ωm, y se distribuye en la parte media del perfil, envolviendo a la tercera unidad, la cual presenta valores de resistividad de 10 a 40 Ωm (Ver Ilustración____).

En conjunto, las tomografías de refracción sísmica (TRS) y de resistividad eléctrica (TRE) permitieron identificar unidades geofísicas conformadas por derrames andesítico-basálticos que, aunque corresponden al mismo tipo de roca, presentan diferentes valores de resistividad eléctrica y

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

velocidad de propagación de onda, posiblemente asociados a sus características estructurales. No se encontró nivel de aguas freáticas (NAF).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

g. Banco “San Cristóbal”

TRITURADOS SAN CRISTÓBAL							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-007	216213	2321865	10	600,000	28,800,000	Agregados de arena y grava de basalto, con posibilidad de hacer balasto	Revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica en el lugar, sello, concreto hidráulico

El banco de materiales San Cristóbal se ubica en la Carretera León - La Muralla, Km 21+100 Desv. Derecha. 2600 m. perteneciente al municipio de San Ignacio, Cerro Gordo, Jalisco. Específicamente en las coordenadas UTM 14Q 216213 mE 2321865 mN, se localiza aproximadamente a 10 km del eje del trazo del proyecto.

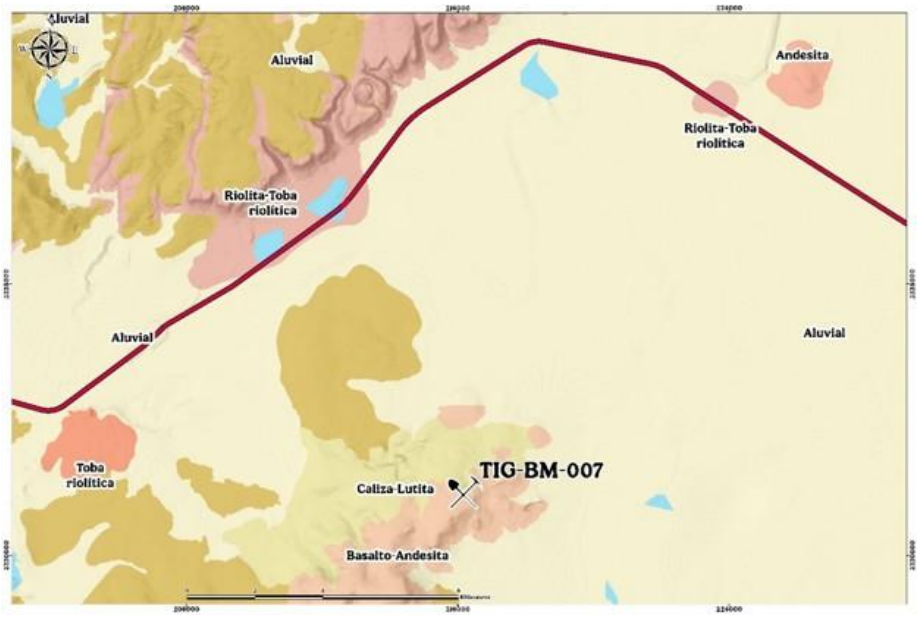


Ilustración 33. Planta de ubicación del banco de materiales San Cristóbal (Defensa, 2026).

Desde el punto de vista geológico, Triturados San Cristóbal está conformado por una roca basalto andesítico depositado de manera masiva, la cual exhibe un alto grado de alteración. En muestra de mano intemperizada exhibe una coloración color marrón rojizo, gris oscuro en roca sana y textura afanítica, con presencia de carbonatos rellenando microfracturas. Para la mineralogía, con ayuda de una lupa geológica, se identifican minerales de claros como plagioclasas, y en menor medida minerales de composición ferromagnesiana como anfíboles. El banco se encuentra distribuido en un sistema de bermas de los cuales los frentes del banco se observan con abundantes fracturas en al menos 3 direcciones. Mediante el análisis geomecánico, con base en el Rock Mass Rating (RMR)

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

se clasificó el material del banco con calidad de roca que va de buena a regular y estabilidad de buena a parcialmente estable, así como un índice de esfuerzos geológicos que oscilan de fracturados a muy fracturados.

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, Triturados San Cristóbal cuenta con longitud de 1600 m y 375 m de ancho, por lo tanto, el área correspondiente es de 600,000.00 m^2. El volumen concesionado asciende a 28,800,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 14,950,080 m^3, equivalente al 52 % del volumen total autorizado. El banco de material está constituido de cuatro niveles de 12 m cada uno, cuenta con una producción de 2,800 m^3 por día, lo que garantiza la disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto.

El tratamiento del material se realiza mediante el proceso de trituración y cribado, obteniendo materiales que cumplen con la granulometría adecuadas para usos de revestimiento, subbase, base, concreto asfáltico, mezcla asfáltica, sello y concreto hidráulico (arena, grava y balasto). En los registros públicos de la Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes (SICT), se reporta un espesor de 0.5 m.



Ilustración 34. Banco de material San Cristóbal a) panorámica del banco de material, b) frente de excavación, c) identificación de minerales, d) toma de muestra. (Defensa, 2026).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Para evaluar el potencial de San Cristóbal e identificar las unidades geofísicas que lo componen, se desarrolló una campaña de prospección geofísica en la que se desarrollaron Tomografías de Resistividad Eléctrica (TRE) y Tomografías de Resistividad Sísmica (TRS).

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se desarrolló mediante el arreglo Dipolo-Dipolo, se realizó un tendido de 235 metros de longitud con una orientación noroeste-sureste. Se utilizaron un total de 48 electrodos distribuidos a cada 5 metros. El estudio alcanzó una profundidad de 60 metros, permitiendo identificar dos unidades geoeléctricas, la primera está constituida por derrames andesítico-basálticos ubicados en la superficie y en la base del modelo inverso de resistividad los cuales presentan una resistividad de 80 a 400 Ω m, la segunda unidad geoeléctrica presenta características propias de un derrame andesítico-basáltico con un rango de resistividad de 500 a 2000 Ω m. Al realizar el estudio de TRE no se identificó el Nivel de Aguas Freáticas (NAF).

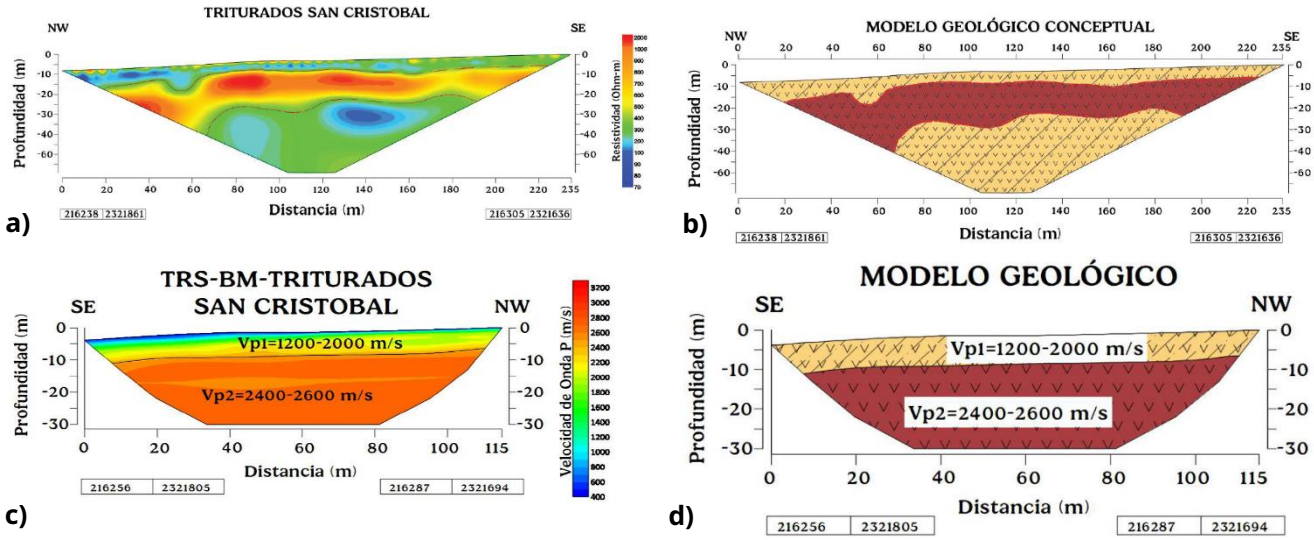


Ilustración 35. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

La tomografía de refracción sísmica se realizó mediante un tendido de 24 geófonos a una distancia de separación de 5 metros, obteniendo una longitud del tendido de 115 metros. Se emplearon 5 puntos de tiro con una distancia de 30 metros de separación entre sí, obteniendo una profundidad de 30 metros de profundidad mediante los cuales se identificaron al menos dos unidades geosísmicas. La primera se define como derrames andesíticos basálticos con un rango de velocidad de propagación de 1200 a 2000 m/s, la segunda unidad geosísmica presenta características propias de un derrame andesítico-basáltico con un rango de velocidad de propagación de 2400 a 2600 m/s. Al generar el estudio de TRS no se identificó el Nivel de Aguas Freáticas (NAF).

Ambos estudios refieren la existencia de un material correspondiente a andesita basalto, no obstante, el resultado y los rangos obtenidos en cada uno de los estudios geofísicos varían, puesto que uno considera la resistividad eléctrica y el otro las velocidades de onda compresional; esto es posible asociarlo a las características estructurales como familias de fracturas, entre otros.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Se recomienda la ejecución de un sondeo mixto ubicándolo en un punto representativo del banco de materiales, con la finalidad de obtener mayor información sobre las características litológicas del banco y brindar una óptima caracterización del depósito; además de corroborar la continuidad de la roca identificada en superficie y en los análisis geofísicos.

Adicionalmente, la zona propuesta para el sondeo considera una ubicación estratégica considerando factores como la accesibilidad y la necesidad de espacio para maniobras, esto sin obstaculizar las actividades de aprovechamiento del material por parte del banco de materiales; garantizando condiciones adecuadas de seguridad y operatividad durante la ejecución del estudio.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

h. Banco Gravaltos

BANCO GRAVALTOS							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-008	768516	2309438	6	105,000	1,000,000	Grava y arena basáltica	Construcción

El banco de materiales Gravaltos se localiza en el municipio de El Zapote de Álvarez, Jalisco, sobre la carretera estatal 307, Zapote de Alvarez, específicamente en las coordenadas UTM 13Q 768516 mE 2309438 mN, está aproximadamente 5.6 km del eje del trazo del proyecto.

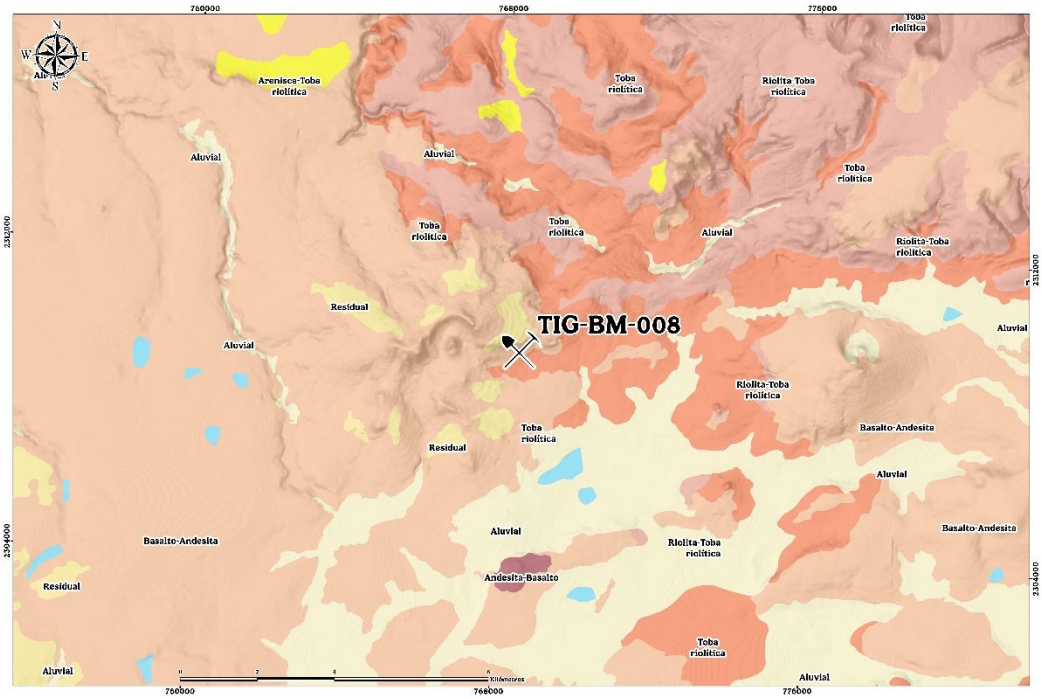


Ilustración 36. Planta de ubicación del banco de materiales Gravaltos (Defensa, 2026).

Desde el punto de vista geológico, se determinó que Gravaltos está conformado por una roca basalto andesítico depositado de manera masiva y alto grado de alteración. En muestra de mano intemperizada exhibe una coloración color café claro y gris oscuro en roca sana. Para la mineralogía, con ayuda de una lupa geológica, se reconocieron minerales de coloraciones rojizas asociado a procesos de oxidación, posibles piroxenos, así mismo, se identificaron minerales claros como plagioclasa y minerales de alteración cómo la pirolusita. Presenta 3 familias de fracturas. Mediante el análisis geomecánico, con base en el Rock Mass Rating (RMR) se clasificó el material del banco con calidad de roca buena y estable.

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, Gravaltos cuenta con longitud de 502 m y 209 m de ancho, por lo tanto, el área correspondiente es de 105,000.00 m^2. El volumen

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

concesionado asciende a 1,000,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 422, 400 m^3, equivalente al 42% del volumen total autorizado. Se estima una producción de 1,200 m^3 de material al día, lo que garantiza la disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto. El tratamiento del material se realiza mediante el proceso de trituración y cribado, obteniendo materiales que cumplen con la granulometría adecuadas para usos constructivos (arena y grava). En los registros públicos de la Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes (SICT), no se reporta el espesor de despalme, no obstante, al realizar la caracterización litológica se identificó un espesor de despalme de 1.5 m; el cual presenta contaminación por contenido vegetal.



Ilustración 37. Banco de material Gravaltos a) reconocimiento de sitio, b) frente de excavación, c) vista a detalle del afloramiento, d) toma de datos geomecánicos. (Defensa, 2026).

Las características litológicas del banco, en conjunto con su capacidad de producción, la disponibilidad de reservas y su ubicación estratégica con respecto al trazo del proyecto, lo convierten en una fuente con alto potencial para el suministro de agregados pétreos y balasto. No obstante, su aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas aplicables a los materiales de construcción, así como a los resultados satisfactorios de los ensayes de laboratorio correspondientes.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Adicionalmente, será necesario verificar la vigencia y el alcance de los permisos, autorizaciones y concesiones aplicables una vez iniciado el proceso de con la mina, a fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y regulatorios para la explotación y suministro del material.

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se realizó empleando un arreglo Dipolo-Dipolo, en un tendido de 164.5 m con orientación suroeste-noreste (SW-NE), donde se colocaron 48 electrodos con una separación de 3.5 m entre ellos. Este análisis tuvo un alcance de 40 m de profundidad, permitiendo identificar tres unidades. La primera unidad geoeléctrica, está compuesta por una cubierta superficial de andesita-basalto meteorizada con presencia de finos, posee una resistividad que va de 120 a 200 Ω m, y se presenta en la parte superficial; por otro lado, la segunda unidad geoeléctrica, se interpreta como un derrame de lava andesítica-basáltica, presenta una resistividad que va de 200 a 600 Ω m. Finalmente, la tercera unidad geoeléctrica corresponde a un derrame de lava andesítica-basáltica, caracterizado por una resistividad de 60-100 Ω m.

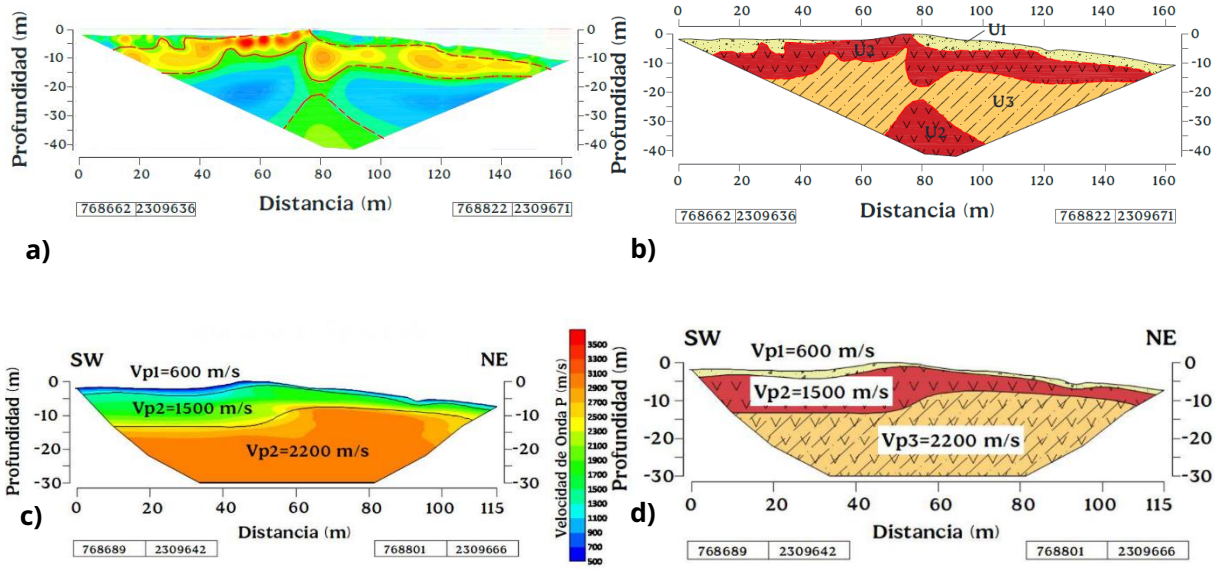


Ilustración 38. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

La tomografía de refracción sísmica (TRS) se realizó con un tendido de 24 geófonos a una distancia de 5 m entre sí, dando una longitud de 115 m, se emplearon 5 puntos de tiro, los cuales se colocaron a 30 m entre sí. Este análisis alcanzo una profundidad de 30 m, detectando al menos tres unidades: la primera unidad geosísmica, definida como una cubierta superficial de andesita-basalto meteorizada con presencia de finos, registro una velocidad de propagación de onda P de 600 m/s, mientras que la segundad unidad geosísmica, compuesta por derrames de lava andesítico-basálticos, registró una velocidad de propagación de onda P de 1500 m/s, por otro lado, la tercera unidad geosísmica identificado como un derrame de lava andesítica-basáltica, registró una velocidad de propagación de onda de 2200 m/s.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En general, ambos estudios de prospección geofísica identificaron tres unidades geofísicas, compuestas por derrames andesítico-basálticos y una cubierta superficial de material meteorizado, sin embargo, cada unidad posee rangos de valores, de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, particulares, asociados de su estructura. Estos estudios de prospección

Se considera la ejecución de un sondeo mixto en un sector representativo del banco de materiales, seleccionado de manera que refleje las características geológicas predominantes del depósito. La información obtenida mediante esta exploración permitirá definir con mayor certeza, las propiedades de los materiales y su comportamiento, proporcionando elementos confiables para la evaluación y aprovechamiento del banco.

La ubicación propuesta para el sondeo ha sido definida considerando la dinámica operativa del sitio, por lo que su ejecución no representará una interferencia con las actividades de extracción ni con el tránsito de la maquinaria.

De igual manera, el área presenta una superficie con espacio suficiente y condiciones favorables para la instalación temporal del equipo de perforación, el establecimiento del campamento de trabajo y la realización de las maniobras necesarias para la operación. Con base en la interpretación de los estudios geofísicos, no se identificó la presencia de un nivel de aguas freáticas (NAF) dentro del banco de materiales, hasta la profundidad investigada.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

i. Banco Sacamecate

BANCO GEOLÓGICO SACAMECATE							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-009	761061	2296105	9	530,000	2,000,000	Tepetate| y escoria basáltica (tezontle)	Relleno

El banco de materiales Sacamecate se ubica en el municipio de San Ignacio, Cerro Gordo, Jalisco. Específicamente en las coordenadas UTM 13Q 761061 mE 2296105 mN, se localiza aproximadamente a 9 km del eje del trazo del proyecto

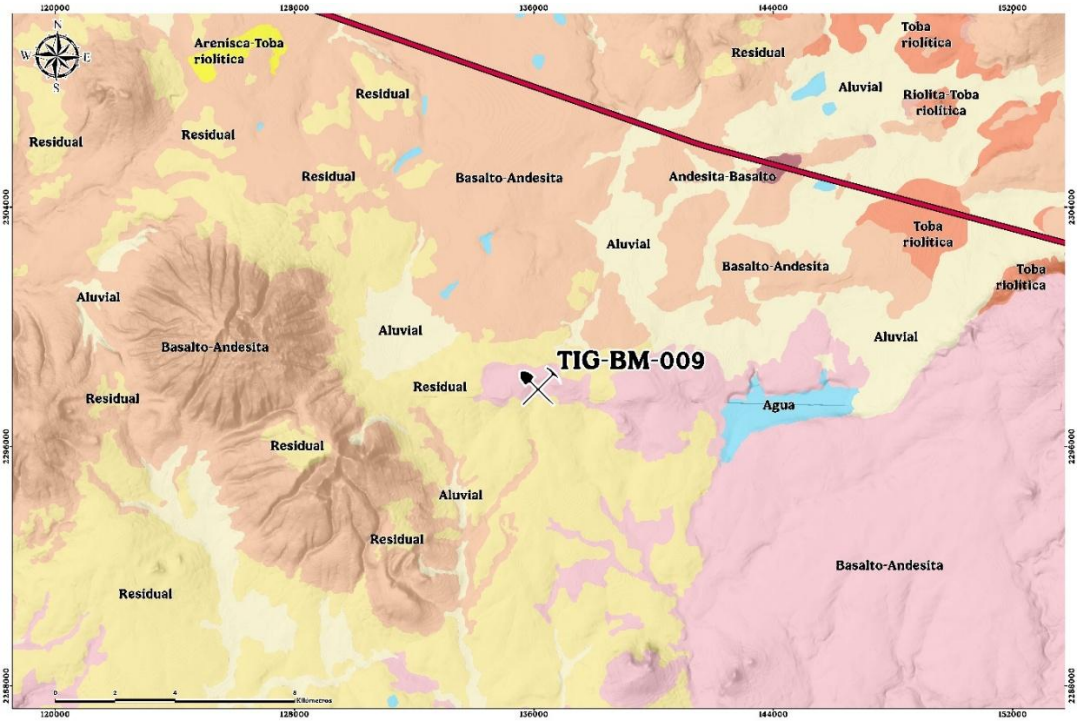


Ilustración 39. Planta de ubicación del banco de materiales Sacamecate (DEFENSA, 2026).

Desde el punto de vista geológico, Sacamecate está constituido por material escoráceo de tepetate y tezontle de composición basáltica. En la base se observan fragmentos líticos de color gris oscuro; mediante lupa geológica se identifican minerales de tonalidad verdosa, principalmente olivino y piroxeno, así como, en menor proporción, minerales claros como plagioclasas, inmersos en una matriz de cenizas muy finas de color rojizo, cuya tonalidad se atribuye a procesos de oxidación. En la parte superior se observan líticos de composición basáltica de color gris oscuro, en los que se reconocen minerales verdosos como olivino y piroxenos, envueltos en una matriz arcillosa de color café claro. Mediante el análisis geomecánico, con base en el Rock Mass Rating (RMR) se clasificó el material del banco con calidad de roca regular y parcialmente estable. El afloramiento presenta una

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

configuración en sistema de banqueo, en el cual se identificaron tres familias principales de fracturas, las cuales condicionan la geometría y el comportamiento geomecánico del macizo rocoso.

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, Sacamecate cuenta con longitud de 250 m y 2120 m de ancho, por lo tanto, el área correspondiente es de 530,000.00 m^2. El volumen concesionado asciende a 2,000,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 1,440,000 m^3, equivalente al 72% del volumen total autorizado. se estima una vida útil remanente de aproximadamente 12 años, lo que garantiza la disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto.
El tratamiento del material se realiza mediante el proceso de cribado, obteniendo materiales que cumplen con la granulometría adecuadas para procesos constructivos de relleno (grava de 3/4, 3/8, arena y tezontle). En los registros públicos de la Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes (SICT), no se reporta el espesor de despalme, no obstante, al realizar la caracterización litológica se identificó un espesor de despalme de 1.7 m; el cual presenta contaminación por contenido vegetal.

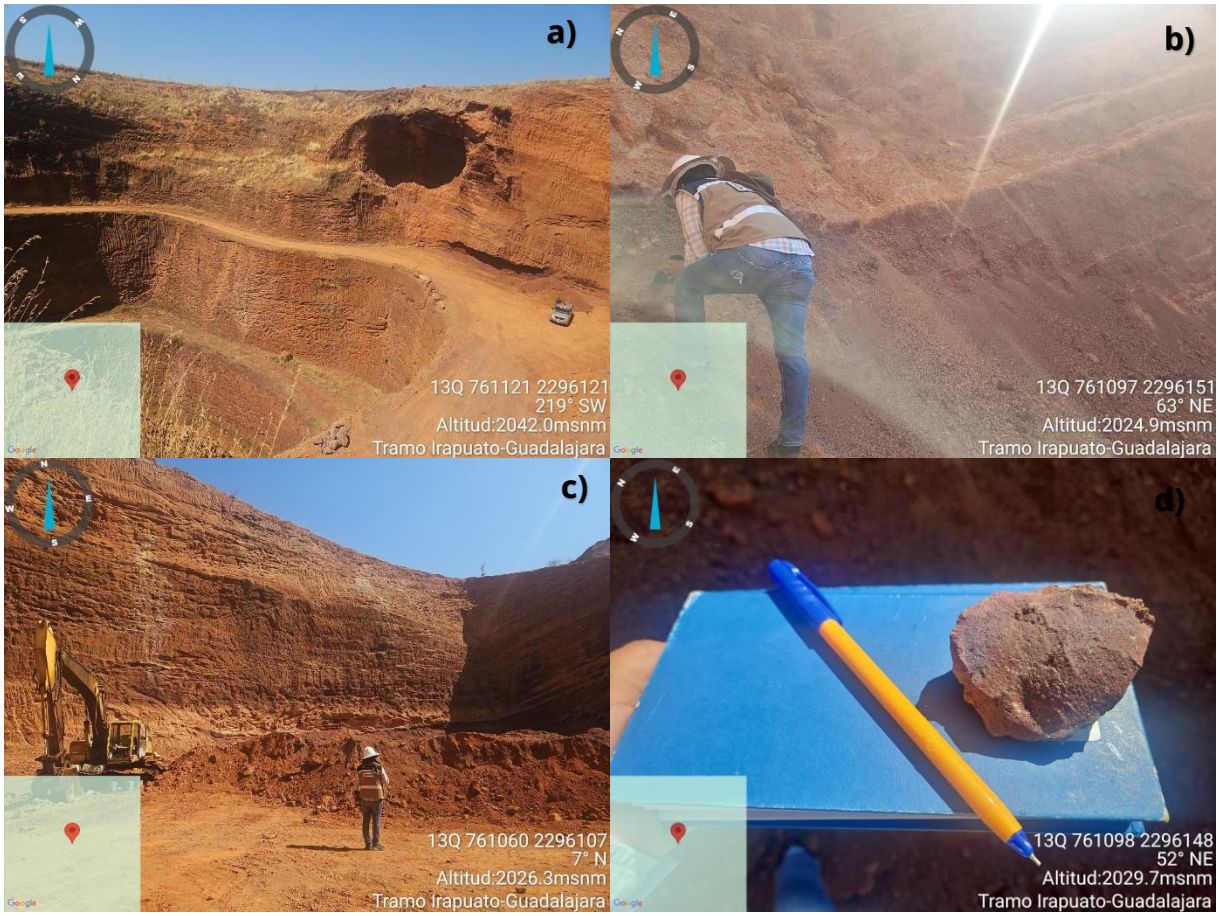


Ilustración 40. Banco de material Sacamecate a) reconocimiento de sitio, b) toma de datos geomecánicos, c) frente de excavación, d) toma de muestra de sitio. (Defensa, 2026).

Las características litológicas del banco, en conjunto con su capacidad de producción, la disponibilidad de reservas y su ubicación estratégica con respecto al trazo del proyecto, lo convierten en una fuente con alto potencial para el suministro de agregados pétreos y balasto. No obstante, su

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas aplicables a los materiales de construcción, así como a los resultados satisfactorios de los ensayes de laboratorio correspondientes.

Adicionalmente, será necesario verificar la vigencia y el alcance de los permisos, autorizaciones y concesiones aplicables una vez iniciado el proceso de con la mina, a fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y regulatorios para la explotación y suministro del material.

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se realizó empleando un arreglo Dipolo-Dipolo, en un tendido de 164.5 m con orientación sur-norte (S-N), donde se colocaron 48 electrodos con una separación de 3.5 m entre ellos. Este análisis tuvo un alcance de 40 m de profundidad, permitiendo identificar tres unidades. La primera unidad geoeléctrica, compuesta por un depósito superficial compuesto por arenas y limos, con presencia de gravas y fragmentos de roca, posee una resistividad que va de 10 a 70 Ω m, y se presenta en la parte superficial; por otro lado, la segunda unidad geoeléctrica, se interpreta como un derrame de lava andesítica-basáltica, presenta una resistividad que va de 250 a 2500 Ω m. Finalmente, la tercera unidad geoeléctrica corresponde a un derrame de lava andesítica-basáltica, caracterizado por una resistividad de 70-250 Ω m.

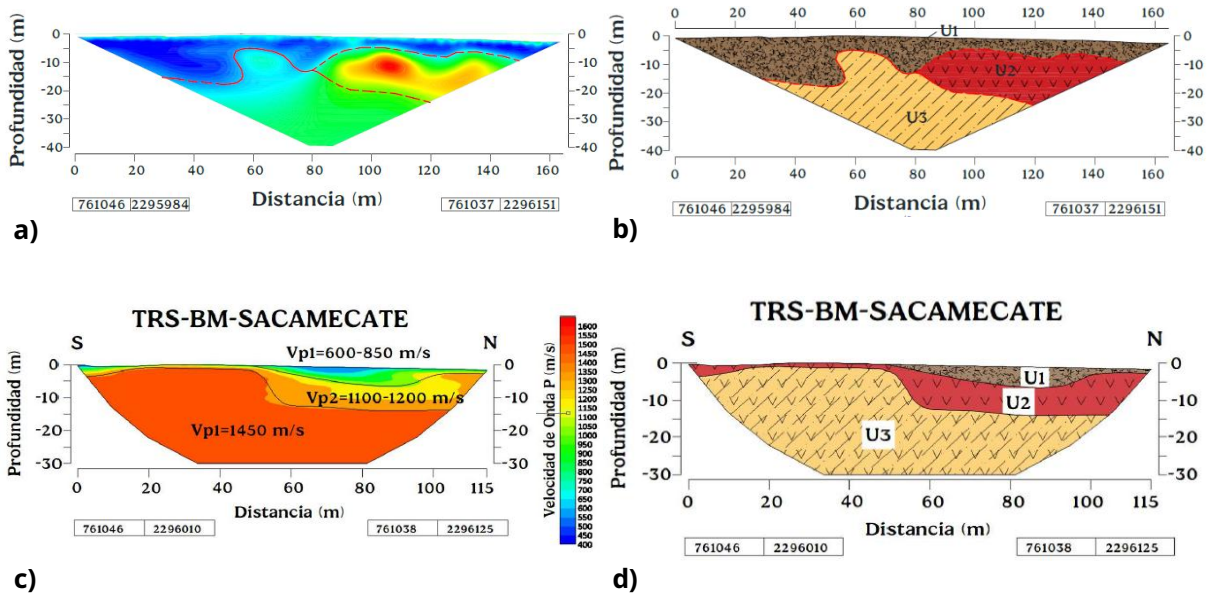


Ilustración 41. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

Ilustración Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

La tomografía de refracción sísmica (TRS) se realizó con un tendido de 24 geófonos a una distancia de 5 m entre sí, dando una longitud de 115 m, se emplearon 5 puntos de tiro, las cuales se colocaron a 15 m entre sí. Este análisis alcanzo una profundidad de 30 m, detectando al menos tres unidades: la primera unidad geosísmica, definida como un depósito superficial compuesto por arenas y limos,

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

con presencia de gravas y fragmentos de roca, registro una velocidad de propagación de onda P de 600 a 850 m/s, mientras que la segundad unidad geosísmica, compuesta por derrames de lava andesítico-basálticos, registró una velocidad de propagación de onda P de 1100 a 1200 m/s, por otro lado, la tercera unidad geosísmica identificado como un derrame de lava andesítica-basáltica, registró una velocidad de propagación de onda de 1450 m/s.

En general, ambos estudios de prospección geofísica identificaron la misma litología, conformado por derrames andesítico-basálticos y un depósito superficial compuesto por arenas y limos, con presencia de gravas y fragmentos de roca, sin embargo, cada unidad posee rangos de valores, de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, particulares, asociados a su estructura.

Se recomienda la ejecución de un sondeo mixto, preferentemente en la zona de mayor profundidad del banco de materiales. Esta ubicación permitirá determinar la continuidad de la unidad litológica, confirmar si la roca en superficie se mantiene en profundidad, así como identificar posibles cambios litológicos, fracturas o condiciones geomecánicas que pudieran influir en la calidad y disponibilidad del material.

Asimismo, se considera que la realización de los trabajos de perforación no interferirá con las actividades de explotación, ya que el punto propuesto se encuentra fuera de las zonas de operación inmediata de la maquinaria, permitiendo que las labores de extracción continúen de manera segura y sin afectaciones significativas. Con base en la interpretación de los estudios geofísicos, no se identificó la presencia de un nivel de aguas freáticas (NAF) dentro del banco de materiales, hasta la profundidad investigada.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

j. Banco Asfaltos Guadalajara (Grupo García Asencio)

ASFALTOS GUADALAJARA							
ID	COORDENADAS UTM		DISTANCIA DEL BANCO AL TRAZO DE VÍA (Km)	ÁREA APROVECHABLE (m^2)	VOLUMEN DE MATERIAL APROVECHABLE (m^3)	TIPO DE MATERIAL POTENCIALMENTE EXTRAÍBLE	USO PROBABLE DEL MATERIAL EN LA CONFORMACIÓN DEL PROYECTO
	X	Y					
TIG-BM-010	685177	2281694	1	500,000	20,000,000	Grava y arena basáltica	Concreto asfáltico

El banco de materiales Asfaltos Guadalajara se localiza en el municipio de Tonalá, Jalisco, sobre la calle independencia, específicamente en las coordenadas UTM 13Q 685177mE 2281694mN, está aproximadamente 1 km de distancia del tramo Irapuato-Guadalajara.



Ilustración 42. Planta de ubicación del banco de materiales Asfaltos Guadalajara (Defensa, 2026).

Desde el punto de vista geológico, Asfaltos Guadalajara está conformado por una roca basalto andesítico depositado de manera masiva en el que se aprecia una roca de composición máfica, moderadamente alterado, que exhibe color marrón claro en muestra de mano alterada y en muestra fresca presenta una tonalidad gris oscuro. Para la mineralogía, con ayuda de una lupa geológica se reconocieron fenocristales de anfíboles, piroxenos y plagioclasas, constituida por una matriz afanítica. Mediante el análisis geomecánico, con base en el Rock Mass Rating (RMR) se clasificó el material del banco con calidad de roca regular y parcialmente estable.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



Ilustración 43. Banco de material Asfaltos Guadalajara a) reunión con el concesionario del banco, b) reconocimiento de sitio, c) toma de datos estructurales, d) toma de muestra representativa. (Defensa, 2026).

De acuerdo con la información proporcionada por el concesionario, Asfaltos Guadalajara cuenta con longitud de 800 m y 625 m de ancho, por lo tanto, el área correspondiente es de 500,000.00 m^2. El volumen concesionado asciende a 20,000,000 m^3 de material aprovechable. A la fecha de la visita técnica, se reporta una extracción acumulada aproximada de 14,432,000 m^3, equivalente al 72% del volumen total autorizado. Con base en el ritmo actual de explotación se estima una vida útil remanente de aproximadamente 5 años, lo que garantiza la disponibilidad del material durante el horizonte de ejecución del proyecto. El tratamiento del material se realiza mediante el proceso de trituración total, obteniendo materiales que cumplen con la granulometría adecuadas para procesos constructivos de concreto asfáltico (arena y grava). En los registros públicos de la Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes (SICT), no se reporta el espesor de despalme, sin embargo, al realizar la caracterización litológica se identificó un espesor de despalme de 1.0 m; en cual exhibe contaminación por contenido vegetal.

Las características litológicas del banco, en conjunto con su capacidad de producción, la disponibilidad de reservas y su ubicación estratégica con respecto al trazo del proyecto, lo convierten en una fuente con alto potencial para el suministro de agregados pétreos y balasto. No obstante, su aprovechamiento estará sujeto al cumplimiento de las especificaciones técnicas aplicables a los materiales de construcción, así como a los resultados satisfactorios de los ensayes de laboratorio correspondientes.

Adicionalmente, será necesario verificar la vigencia y el alcance de los permisos, autorizaciones y concesiones aplicables una vez formalizado el contrato de compraventa con la mina, a fin de

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y regulatorios para la explotación y suministro del material.

La tomografía de resistividad eléctrica (TRE) se realizó empleando un arreglo Dipolo-Dipolo, en un tendido de 164.5 m con orientación noreste-suroeste (NE-SW), donde se colocaron 48 electrodos con una separación de 3.5 m entre ellos. Este análisis tuvo un alcance de 40 m de profundidad, permitiendo identificar dos unidades. La primera unidad geoeléctrica, compuesta por un derrame de lava andesítica-basáltica, posee una resistividad que va de 150 a 1000 Ω m; por otro lado, la segunda unidad geoeléctrica, se interpreta como un derrame de lava andesítica-basáltica, presenta una resistividad que va de 10 a 150 Ω m.

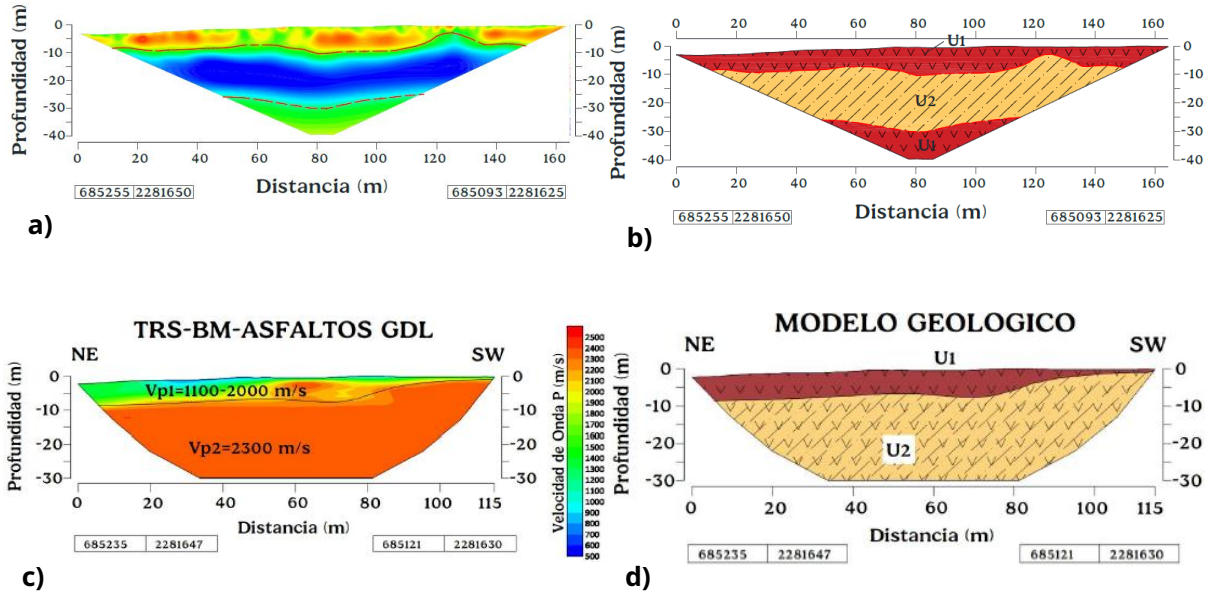


Ilustración 44. Defensa 2026, a) Modelo inverso de resistividad (TRE), b) Modelo geológico conceptual (TRE), c) Modelo inverso de velocidades de onda compresional (TRS), d) Modelo geológico conceptual (TRS).

La tomografía de refracción sísmica (TRS) se realizó con un tendido de 24 geófonos a una distancia de 5 m entre sí, dando una longitud de 115 m, se emplearon 5 puntos de tiro, las cuales se colocaron a 30 m entre sí. Este análisis alcanzo una profundidad de 30 m, detectando al menos dos unidades geosísmicas: la primera unidad geosísmica, definida como derrames de lava andesítico-basálticos, registro una velocidad de propagación de onda P de 150 a 1000 m/s, mientras que la segundad unidad geosísmica, compuesta por derrames de lava andesítico-basálticos, registro una velocidad de propagación de onda P de 10 a 150 m/s.

En general, ambos estudios de prospección identificaron dos unidades geofísicas, ambas compuestas por derrames andesítico-basálticos, sin embargo, cada unidad posee rangos de valores, de resistividad eléctrica y velocidad de propagación de onda, asociados de su estructura.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Se recomienda la ejecución de un sondeo mixto en un sitio representativo del banco de material. El propósito de este sondeo es corroborar la interpretación geofísica de la litología identificada, validar la profundidad y continuidad de las unidades detectadas.

Asimismo, el sondeo permitirá determinar con mayor precisión el espesor aprovechable del banco, proyectar el volumen potencial de material susceptible de extracción y complementar la caracterización del material mediante ensayos de laboratorio. Con base en la interpretación de los estudios geofísicos, no se identificó la presencia de un nivel de aguas freáticas (NAF) dentro del banco de materiales, hasta la profundidad investigada.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XII. CONCLUSIONES

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XIII. RECOMENDACIONES

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XIV. BIBLIOGRAFÍA.

Barrera-Hernández, D. y otros, 1998. Informe Final de la Cartografía Geológico-Minera Carta Colima (E13-3) Escala 1:250,000, Colima: Consejo de Recursos Minerales (SGM).

Bieniawski, Z. T., 1989. Engineering rock mass classifications. New York: Wiley.

CENAPRED, 2020. Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país., Ciudad de México: s.n.

CFE, 2015. Espectros de diseño sismico para la nueva version del manual de Diseño de obras Civiles de CFE, Ciudad de México: Comisión Federal de Electricidad.

CONABIO, 2001. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea] Available at: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/eda251mgw.html

CONABIO, 2022. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea] Available at: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/catp50s3gw.html

CONAGUA, 2024. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Silao-Romita (1110), Estado de Guanajuato, Ciudad de México: CONAGUA.

del Río-Varela, P. y otros, 2020. Geología y estructura de las sierras de Guanajuato y Codornices, Mesa Central, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, pp. 1-20.

García- Palomo, A. y otros, 2002. Volcanic stratigraphy and geological evolution of the Apan re-gion, east-central sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt. Geofísica Internacional, 4(2), pp. 133-150.

Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M. T. & Ferrari, L., 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, LVII(3), pp. 227-283.

INEGI, 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas.. [En línea] Available at: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575 [Último acceso: julio 2026].

INEGI, 2001. Síntesis de Información geográfica del estado de México, s.l.: s.n.

INEGI, 2003. México Hoy, Aguascalientes: s.n.

INEGI, 2018. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional, Aguascalientes: INEGI.

ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring: ISRM suggested methods. Oxford: Pergamon Press.

IUSS Working Group, 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006. Roma: s.n.

Lugo, Hubp, J. & Córdova, C., 1991. Regionalización geomorfológica de la república mexicana. Investigaciones Geográficas, pp. 25-63.

Marinos, V., Marinos, P. & Hoek, E., 2005. The geological strength index: applications and limitations. Issue 64, pp. 55-65.

Morán-Zenteno, D. J., 1984. Geología de la República Mexicana. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Palmström, A., 1974. The volumetric joint count—a useful and simple measure of the degree of rock jointing. Proceedings of the 4th International Congress of the International Association of Engineering Geology, Volumen 5, pp. 221-228.

Pérez Flores , E. y otros, 1999. Carta Geológico-Minera Querétaro F14-10, Pachuca, Hgo.: SGM.

Pérez-Martínez, M. B., 2012. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] Available at: https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T1104SAGA0002_01.pdf [Último acceso: 23 Abril 2026].

Secretaría de Gobernación, 2024. PROY-NOM-003-ARTF-2023 Sistema Ferroviario-Seguridad-Clasificación y Especificaciones de Vía. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Seguridad Pública, 2023. Atlas de Riesgos del Municipio de Santiago Maravatío, Guanajuato, México: Coordinación Estatal de Protección Civil.

SGM, 2017. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] Available at: https://www.gob.mx/sgm/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos

SICT, 2021. 1. Materiales para Terraplén. En: CMT. Características de los materiales. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Transporte.

SICT, 2021. Materiales para Subbases y Bases. En: N.CMT.4.02.001/21. s.l.:Instituto Mexicano del Transporte.

SICT, 2021. Materiales para Subrasante. En: CMT. Características de los materiales. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Transportes.

Sedlock, R. L., Ortega-Gutiérrez, F., & Speed, R. C. (1993). Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of México. Geological Society of America Special Paper, 278.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., & Manea, M. (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. Tectonophysics, 522–523, 122–149. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.09.018

del Río-Varela, P., Nieto-Samaniego, Á. F., Alaniz-Álvarez, S. A., Ángeles-Moreno, E., de Jesús Escalona-Alcázar, F., y del Pilar-Martínez, A. (2020). Geología y estructura de las sierras de Guanajuato y Codornices, Mesa Central, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 72(1), 1-20.

Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte [SICT]. (2023). N·CMT·1·05/23: Requisitos de calidad de los materiales que se utilizan en la construcción de los pedraplenes. Ciudad de México: SICT

Secretaria de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (1991). Manual de Calidad para Materiales en la Sección Estructural de Vías Férreas. Sanfandilla, Qro: SCT

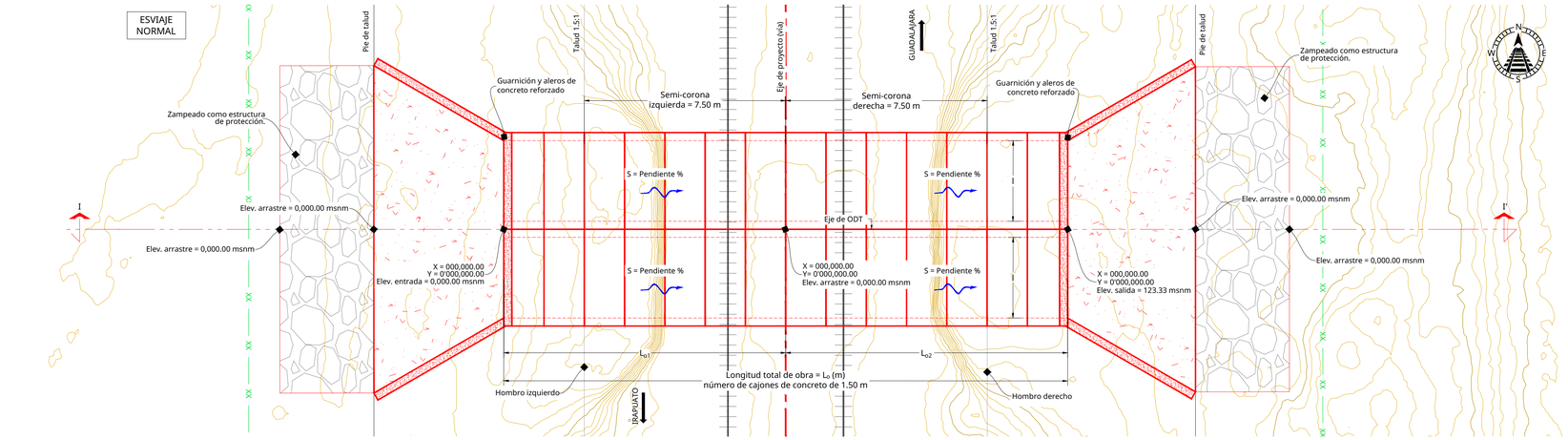
Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte [SICT]. (2021). N·CMT·4·02·001/21: Requisitos de calidad que deben cumplir los materiales que se utilizan en la construcción de la capa de subbase para pavimentos asfalticos. Ciudad de México: SICT

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte [SICT]. (2022). N·CMT·4·02·002/22: Requisitos de calidad para materiales que se utilicen en la construcción de bases hidráulicas, de pavimentos asfálticos y de pavimentos de concreto hidráulico. Ciudad de México: SICT

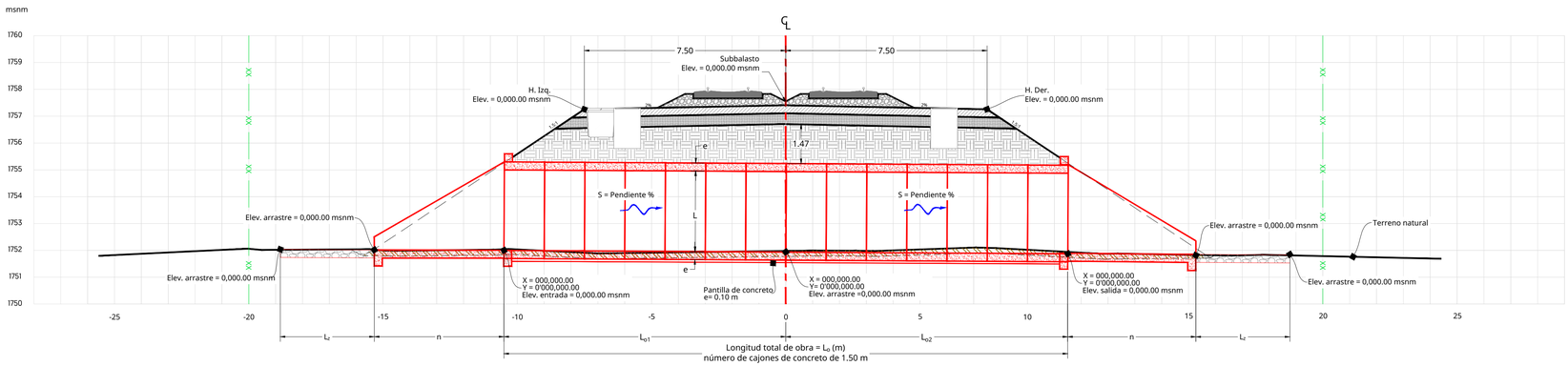
Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte [SICT]. (2019). N·CMT·2·02·002/19: Características de calidad de los agregados que se utilizan en la fabricación de concreto hidráulico, con excepción de los agregados ligeros. Ciudad de México: SICT

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



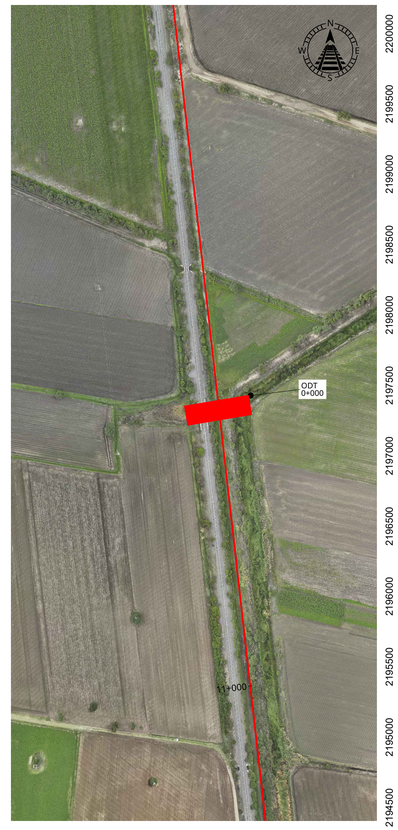
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ODT KM 0+000

Acot. m Escala: 1:1,000



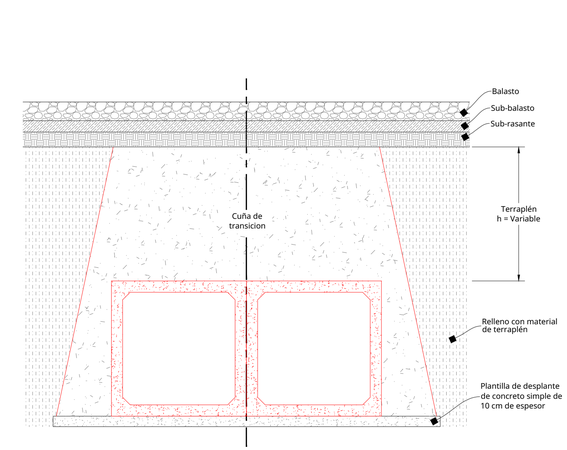
SECCIÓN TRANSVERSAL I-I'

Acot. m Escala horizontal: 1:1,000
Escala vertical: 1:1,000



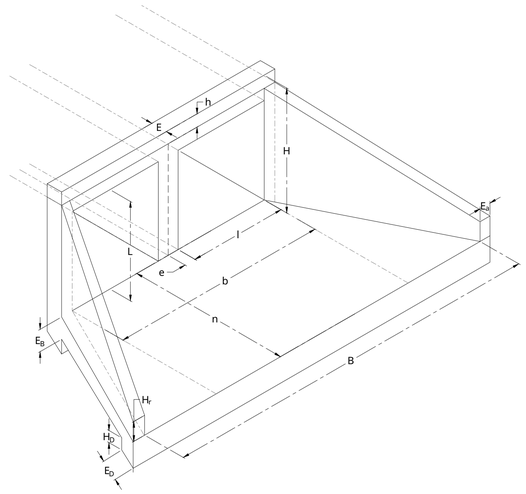
UBICACIÓN DE OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

Acot. m Escala: 1:20,000



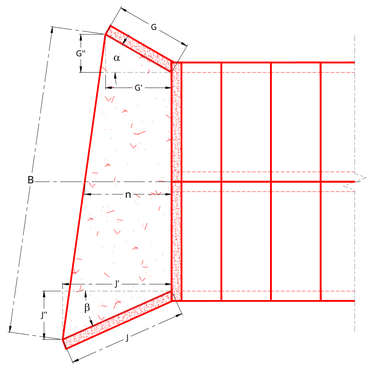
SECCIÓN DE RELLENO

Acot. m s/e



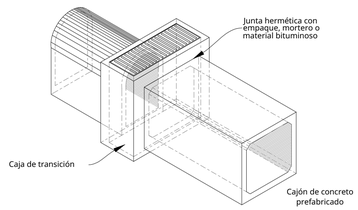
ISOMÉTRICO DE ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Acot. m s/e



PLANTA DE ALEROS

Acot. m s/e



CONEXION BOVEDA-CAJÓN

Acot. m s/e

DATOS HIDROLÓGICOS	
CUENCA	0.00
GASTO (m^3/s)	0.00
MÉTODO	00000
ÁREA (km^2)	0.00
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN. h	0.00
LONGITUD DEL CAUCE (m)	0,000
PERIODOD DE RETORNO (AÑOS)	100

DATOS HIDRÁULICOS	
ODT	----
CADENAMIENTO	0+000
SECCIÓN	CAJÓN
GASTO MÁXIMO (m^3/s)	0.00
VELOCIDAD (m/s)	0.00
PENDIENTE	0.000
N DE MANNING (ADIM)	0.012
EFICIENCIA (%)	00
TIPO DE FLUJO	CRÍTICO

DIMENSIONAMIENTO DE ALEROS			
ELEMENTO	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
ALERO LARGO	J	0.00	0.00
	J'	0.00	0.00
	J''	0.00	0.00
	α	0.00°	0.00°
ALERO CORTO	G	0.00	0.00
	G'	0.00	0.00
	G''	0.00	0.00
	β	0.00°	0.00°

DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS					
VARIABLE	ENTRADA	SALIDA	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
b	0.00	0.00	L	0.00	0.00
e	0.00	0.00	H_t	0.00	0.00
h	0.00	0.00	E_a	0.00	0.00
I	0.00	0.00	H_D	0.00	0.00
n	0.00	0.00	E_D	0.00	0.00
B	0.00	0.00	E_B	0.00	0.00
E	0.00	0.00	L_Z	0.00	0.00
H	0.00	0.00			

OBRAS A LAS QUE APLICA SOLUCION	
TIPO DE CAJÓN	CANTIDAD
1.5 m x 1.5 m	28
2 m x 1.5 m	23
2 m x 2 m	8
2.5 m x 2 m	0
2.5 m x 2.5 m	0
3 m x 2.5 m	0
3 m x 2 m	4
3 m x 3 m	5
3 m x 1.5 m	0

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE OBRA (L_o)	0.00	m
TRAMO DE CAJÓN DE 1.5 m	0	pza
EXCAVACIÓN	0.00	m^3
PLANTILLA DE CONCRETO	0.00	m^3
RELLENO	0.00	m^3

NOTAS PARTICULARES

- LA GEOMETRÍA DE LOS ALEROS Y MUROS CABECEROS HAN SIDO DISEÑADAS CONSIDERANDO PRINCIPALMENTE EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO; SIN EMBARGO, SE DEBERÁN REVISAR ESTRUCTURALMENTE A FIN DE GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS TERRAPLENES Y LA VÍA, POR LO QUE PUEDEN SER MODIFICADOS SIEMPRE Y CUANDO NO SE OBSTRUYA EL ÁREA HIDRÁULICA DE LA OBRA (TUBOS O CAJONES).
- EN CASO DE QUE EL DESPLANTE DE LA OBRA NO QUEDE EN TERRENO FIRME, EL RELLENO BAJO ESTA SE DEBERÁ DE REALIZAR CON MATERIAL DE CALIDAD SUBRASANTE, COMPACTÁNDOSE AL 95% DE SU PVSM SEGÚN PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR.
- EL DENTELLÓN TIENE LA FUNCIÓN DE EVITAR LA SOCAVACIÓN Y EROSIÓN DEL TERRENO A LA SALIDA O ENTRADA DE LA OBRA, ESTE SE AJUSTARÁ A LAS CONDICIONES DEL TERRENO.
- LA OBRA SE CONSTRUIRA A BASE DE SECCIONES PREFABRICADAS DE CONCRETO, LAS CUALES SE DEBE VERIFICAR QUE CUMPLAN CON LA NORMA CORRESPONDIENTE Y LOS REQUERIMIETNOS ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE PLANO.
- LA COLOCACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE SE HARÁ SIEMPRE AGUAS HACIA ARRIBA, UBICANDO SIEMPRE EL EXTREMO CON LA JUNTA TIPO MACHO HACIA AGUAS ABAJO.
- LA SECCIÓN HIDRÁULICA AGUAS ABAJO NO PUEDE SER MENOR QUE LA SECCIÓN EXISTENTE AGUAS ARRIBA.
- LOS ANÁLISIS Y RESULTADOS REPRESENTADOS EN ESTE PLANO, SE HAN REALIZADO CON BASE A LA TOPOGRAFÍA RECIBIDA POR PARTE DE LAS ÁREAS CORRESPONDIENTES, POR LO QUE CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACIÓN EN LA SUPERFICIE, NO ES RESPONSABILIDAD DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO, LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES SE DEBERÁN DE REALIZAR EN SITIO Y LOS NIVELES DE LA OBRA SE DEBERÁN DE AJUSTAR, CONSERVANDO SIEMPRE LAS CONDICIONES DE DISEÑO DE LA OBRA DE DRENAJE.
- EN CASO DE QUE LAS CONDICIONES DE TERRENO NATURAL SE MODIFIQUEN Y LA OBRA DE DRENAJE SE ENTIERRE, SE DEBERÁN DE GENERAR CANALES DE ENTRADA Y/O SALIDA QUE GARANTICEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.
- SE DEBE DE VERIFICAR EL TRAZO, NIVELES Y POSICIÓN CORRECTA DE ACUERDO CON EL ESCURRIMIENTO NATURAL, CUALQUIER AJUSTE AL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL, DEBERÁ SER REVISADO Y COORDINADO ENTRE EL CONSTRUCTOR, SUPERVISIÓN DE OBRA Y RESIDENCIA DE OBRA.
- EL ARMADO Y GEOMETRIA FINAL DE LOS GUARNICIONES, MUROS Y ALEROS QUEDARÁ A CARGO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS.
- LAS OBRAS DE DRENAJE QUE APLICAN PARA ESTE PLANO SON PRELIMINARES, PUEDE HABER VARIACIONES EN EL PROYECTO EJECUTIVO.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara



SIMBOLOGÍA

- EJE DE VÍA
- EJE DE TRAZO
- HOMBRO DE TERRAPLÉN
- PATEO DE TERRAPLÉN
- EJE DE OBRA DE DRENAJE
- CURVA DE NIVEL
- 0000 CURVA DE NIVEL MAESTRA
- TERRENO NATURAL
- TERRENO DESPALMADO
- LÍMITE DE DERECHO DE VÍA
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- TERRAPLÉN
- DESPALME
- SUBBALASTO DE VÍA
- SUBRASANTE DE VÍA
- CORTE DE TERRENO NATURAL
- RELLENO DE TERRENO NATURAL
- SUBRASANTE DE CAMINO DE SERVICIO
- REVESTIMIENTO DE CAMINO DE SERVICIO

NOTAS GENERALES

- La obra tipo está proyectada con un esviaje normal, transversal al eje de la vía.
- Se deberá revisar de acuerdo a proyecto los casos en los que se presenten uniones entre obra existente y obra nueva.
- En los casos donde se presente una transición de alcantarillas de diferente sección se emplearan cajas de transición, en las cuales se debe cumplir que las juntas sean herméticas mediante el uso de empaques, morteros o material bituminoso de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- En los casos que presenten caja de transición se considera los siguientes tipos:
  - Registrable cuando la parte superior quede expuesta por la configuración de los terraplenes.
  - Cuando se requiera canalizar el flujo entre cuerpos de terraplen de forma longitudinal el registro sera tipo rejilla.
  - Cuando la configuracion del terraplen requiera que la conexion quede enterrada (tipo ciega), se debe de verificar estructuralmente la losa tapa para asegurar que cumpla correctamente con la capacidad de carga requerida y estabilidad.
- Se considera el uso de cajas de conexión entre alcantarillas, las cuales se ejecutaran con aleros que consideren un comportamiento natural del escurrimiento.
- Los análisis y resultados representados en este plano, se han realizado con base a la topografía recibida por parte de las áreas correspondientes, por lo que cualquier cambio o modificación en la superficie, no es responsabilidad del diseñador hidráulico, los ajustes correspondientes se deberán de realizar en sitio y los niveles de la obra se deberán de ajustar, conservando siempre las condiciones de diseño de la obra de drenaje.
- En caso de que las condiciones de terreno natural se modifiquen y la obra de drenaje se entierre, se deberán de generar canales de entrada y/o salida que garanticen el correcto funcionamiento hidráulico.
- Se debe de verificar el trazo, niveles y posición correcta de acuerdo con el escurrimiento natural, cualquier ajuste al proyecto de drenaje transversal, deberá ser revisado y coordinado entre el constructor, supervisión de obra y residencia de obra.
- El armado de los guarniciones, muros y aleros quedará a cargo del departamento de estructuras.

HISTORIAL DE REVISIONES

ID	FECHA DE REVISIÓN	DESCRIPCIÓN

Comunicaciones — Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
TRENES — Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

PARA USO EXCLUSIVO DE LA ATTRAPI

"De conformidad con lo dispuesto por la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, esta Agencia a través de la Unidad de Proyectos Ferroviarios, está en la posibilidad de emitir la FACTIBILIDAD TÉCNICA A LA INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y DOCUMENTAL DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN AL PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA, siendo el presente plano y/o anexo parte del mismo, quedando bajo responsabilidad absoluta del propietario su construcción, funcionamiento y comportamiento futuro".

APRUEBA (POR CONVENIO/DEFENSA)
El Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.

Gustavo Ricardo Vallejo Suárez
Céd. Prof.: 1550289

PARA USO EXCLUSIVO DE DEFENSA

Defensa — Secretaría de la Defensa Nacional

PROYECTISTA
SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL

APROBÓ
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp.
Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"

Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso
Céd. Prof.: 7973645

VALIDÓ
Jefe de la Mesa de Hidrología
Geohidrología, Hidráulica y Drenaje

Cap. 1/o. I.C. Victor Manuel Ramírez Negrete
Céd. Prof.: 7224525

REALIZÓ
Ayudante de Obra

Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz
Céd. Prof.: 15478106

ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA Y DRENAJE (ESTUDIO HIDRÁULICA EN VÍA)

ESC.	ACOT.
INDICADA	MTS

UBICACIÓN / PK	FECHA	REVISIÓN
0+000	AGOSTO/2026	00

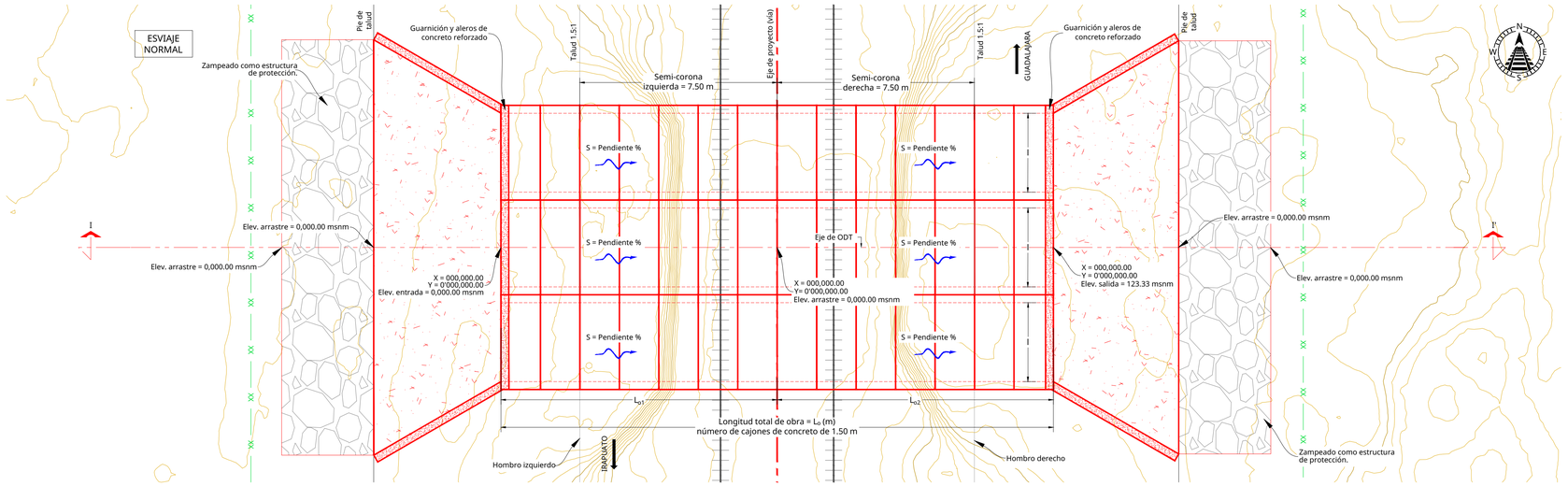
NOMBRE DEL PROYECTO	N° DE PLANOS	ESTADO DE PLANO
"Irapuato-Guadalajara"	002 DE 007	Ingeniería Básica

TÍTULO DEL PLANO
PLANO DE OBRA TIPO DE ODT DE DOS CAJONES DE CONCRETO PREFABRICADO CON ALEROS Y GUARNICIÓN, HECHOS EN SITIO, EN ENTRADA Y SALIDA.

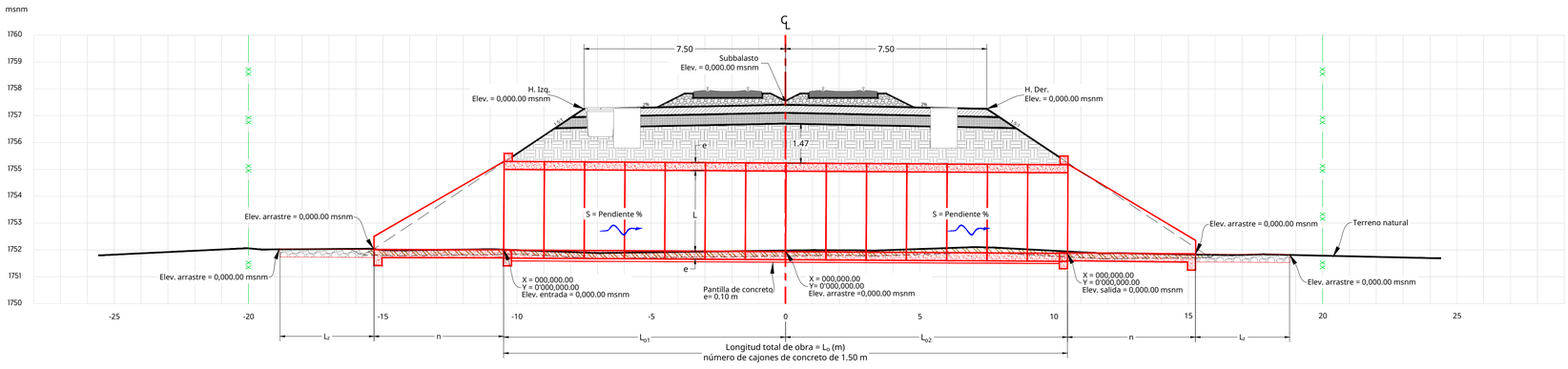
ID ARCHIVO ELECTRÓNICO
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1002.dwg

PLANO O CLAVE
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1002

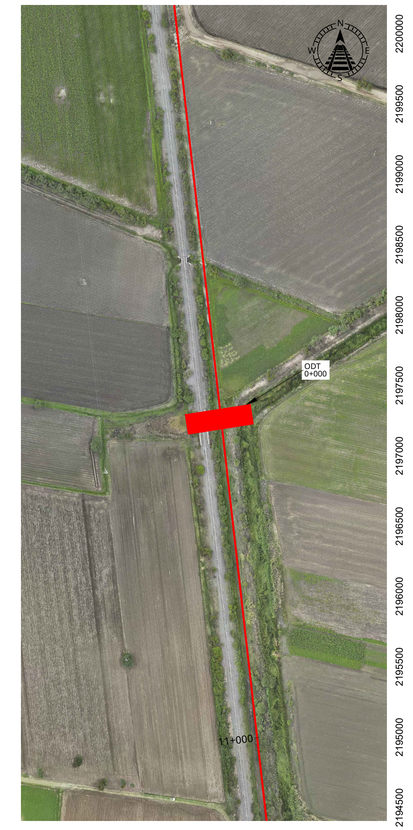
DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m



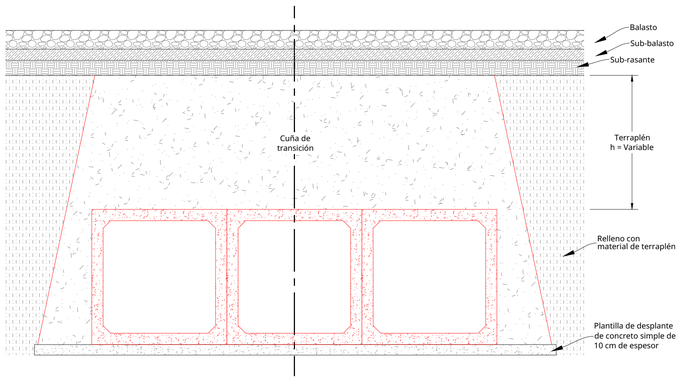
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ODT KM 0+000
Acot. m Escala: 1:1,000



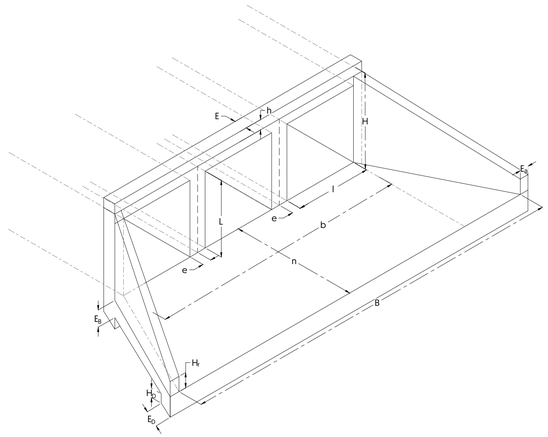
SECCIÓN TRANSVERSAL I-I'
Acot. m Escala horizontal: 1:1,000
Escala vertical: 1:1,000



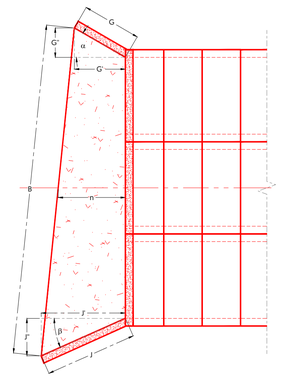
UBICACIÓN DE OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL
Acot. m Escala: 1:20,000



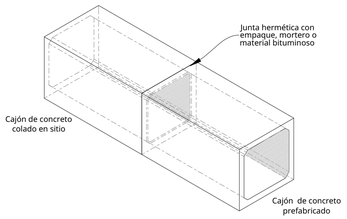
SECCIÓN DE RELLENO
Acot. m s/e



ISOMÉTRICO DE ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA
Acot. m s/e



PLANTA DE ALEROS
Acot. m s/e



CONEXION CAJÓN-CAJÓN
Acot. m s/e

DATOS HIDROLÓGICOS	
CUENCA	0.00
GASTO (m^3/s)	0.00
MÉTODO	00000
ÁREA (km^2)	0.00
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN. h	0.00
LONGITUD DEL CAUCE (m)	0,000
PERIODOD DE RETORNO (AÑOS)	100

DATOS HIDRÁULICOS	
ODT	----
CADENAMIENTO	0+000
SECCIÓN	CAJÓN
GASTO MÁXIMO (m^3/s)	0.00
VELOCIDAD (m/s)	0.00
PENDIENTE	0.000
N DE MANNING (ADIM)	0.012
EFICIENCIA (%)	00
TIPO DE FLUJO	CRÍTICO

DIMENSIONAMIENTO DE ALEROS			
ELEMENTO	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
ALERO LARGO	J	0.00	0.00
	J'	0.00	0.00
	J''	0.00	0.00
	α	0.00°	0.00°
ALERO CORTO	G	0.00	0.00
	G'	0.00	0.00
	G''	0.00	0.00
	β	0.00°	0.00°

DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS					
VARIABLE	ENTRADA	SALIDA	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
b	0.00	0.00	L	0.00	0.00
e	0.00	0.00	H_s	0.00	0.00
h	0.00	0.00	E_s	0.00	0.00
I	0.00	0.00	H_o	0.00	0.00
n	0.00	0.00	E_o	0.00	0.00
B	0.00	0.00	E_e	0.00	0.00
E	0.00	0.00	L_2	0.00	0.00
H	0.00	0.00			

OBRAS A LAS QUE APLICA SOLUCION	
TIPO DE CAJÓN	CANTIDAD
1.5 m x 1.5 m	5
2 m x 1.5 m	15
2 m x 2 m	4
2.5 m x 2 m	0
2.5 m x 2.5 m	0
3 m x 2.5 m	0
3 m x 2 m	5
3 m x 3 m	23
3 m x 1.5 m	1

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE OBRA (L_o)	0.00	m
TRAMO DE CAJÓN DE 1.5 m	0	pza
EXCAVACIÓN	0.00	m^3
PLANTILLA DE CONCRETO	0.00	m^3
RELLENO	0.00	m^3

NOTAS PARTICULARES

- LA GEOMETRÍA DE LOS ALEROS Y MUROS CABECEROS HAN SIDO DISEÑADAS CONSIDERANDO PRINCIPALMENTE EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO; SIN EMBARGO, SE DEBERÁN REVISAR ESTRUCTURALMENTE A FIN DE GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS TERRAPLENES Y LA VÍA, POR LO QUE PUEDEN SER MODIFICADOS SIEMPRE Y CUANDO NO SE OBSTRUYA EL ÁREA HIDRÁULICA DE LA OBRA (TUBOS O CAJONES).
- EN CASO DE QUE EL DESPLANTE DE LA OBRA NO QUEDE EN TERRENO FIRME, EL RELLENO BAJO ESTA SE DEBERÁ DE REALIZAR CON MATERIAL DE CALIDAD SUBRASANTE, COMPACTÁNDOSE AL 95% DE SU PVSM SEGÚN PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR.
- EL DENTELLÓN TIENE LA FUNCIÓN DE EVITAR LA SOCAVACIÓN Y EROSIÓN DEL TERRENO A LA SALIDA O ENTRADA DE LA OBRA, ESTE SE AJUSTARÁ A LAS CONDICIONES DEL TERRENO.
- LA OBRA SE CONSTRUIRA A BASE DE SECCIONES PREFABRICADAS DE CONCRETO, LAS CUALES SE DEBE VERIFICAR QUE CUMPLAN CON LA NORMA CORRESPONDIENTE Y LOS REQUERIMIETNOS ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE PLANO.
- LA COLOCACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE SE HARÁ SIEMPRE AGUAS HACIA ARRIBA, UBICANDO SIEMPRE EL EXTREMO CON LA JUNTA TIPO MACHO HACIA AGUAS ABAJO.
- LA SECCIÓN HIDRÁULICA AGUAS ABAJO NO PUEDE SER MENOR QUE LA SECCIÓN EXISTENTE AGUAS ARRIBA.
- LOS ANÁLISIS Y RESULTADOS REPRESENTADOS EN ESTE PLANO, SE HAN REALIZADO CON BASE A LA TOPOGRAFÍA RECIBIDA POR PARTE DE LAS ÁREAS CORRESPONDIENTES, POR LO QUE CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACIÓN EN LA SUPERFICIE, NO ES RESPONSABILIDAD DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO, LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES SE DEBERÁN DE REALIZAR EN SITIO Y LOS NIVELES DE LA OBRA SE DEBERÁN DE AJUSTAR, CONSERVANDO SIEMPRE LAS CONDICIONES DE DISEÑO DE LA OBRA DE DRENAJE.
- EN CASO DE QUE LAS CONDICIONES DE TERRENO NATURAL SE MODIFIQUEN Y LA OBRA DE DRENAJE SE ENTIERRE, SE DEBERÁN DE GENERAR CANALES DE ENTRADA Y/O SALIDA QUE GARANTICEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.
- SE DEBE DE VERIFICAR EL TRAZO, NIVELES Y POSICIÓN CORRECTA DE ACUERDO CON EL ESCURRIMIENTO NATURAL, CUALQUIER AJUSTE AL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL, DEBERÁ SER REVISADO Y COORDINADO ENTRE EL CONSTRUCTOR, SUPERVISIÓN DE OBRA Y RESIDENCIA DE OBRA.
- EL ARMADO Y GEOMETRIA FINAL DE LOS GUARNICIONES, MUROS Y ALEROS QUEDARÁ A CARGO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS.
- LAS OBRAS DE DRENAJE QUE APLICAN PARA ESTE PLANO SON PRELIMINARES, PUEDE HABER VARIACIONES EN EL PROYECTO EJECUTIVO.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- EJE DE VÍA
- EJE DE TRAZO
- HOMBRO DE TERRAPLÉN
- PATEO DE TERRAPLÉN
- EJE DE OBRA DE DRENAJE
- CURVA DE NIVEL
- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- TERRENO NATURAL
- TERRENO DESPALMADO
- LÍMITE DE DERECHO DE VÍA
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- TERRAPLÉN
- DESPALME
- SUBBALASTO DE VÍA
- SUBRASANTE DE VÍA
- CORTE DE TERRENO NATURAL
- RELLENO DE TERRENO NATURAL
- SUBRASANTE DE CAMINO DE SERVICIO
- REVESTIMIENTO DE CAMINO DE SERVICIO

NOTAS GENERALES

- La obra tipo está proyectada con un esviaje normal, transversal al eje de la vía.
- Se deberá revisar de acuerdo a proyecto los casos en los que se presenten uniones entre obra existente y obra nueva.
- En los casos donde se presente una transición de alcantarillas de diferente sección se emplearan cajas de transición, en las cuales se debe cumplir que las juntas sean herméticas mediante el uso de empaques, morteros o material bituminoso de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- En los casos que presenten caja de transición se considera los siguientes tipos:
  - Registrable cuando la parte superior quede expuesta por la configuración de los terraplenes.
  - Cuando se requiera canalizar el flujo entre cuerpos de terraplen de forma longitudinal el registro sera tipo rejilla.
  - Cuando la configuracion del terraplen requiera que la conexion quede enterrada (tipo ciega), se debe de verificar estructuralmente la losa tapa para asegurar que cumpla correctamente con la capacidad de carga requerida y estabilidad.
- Se considera el uso de cajas de conexión entre alcantarillas, las cuales se ejecutaran con aleros que consideren un comportamiento natural del escurrimiento.
- Los análisis y resultados representados en este plano, se han realizado con base a la topografía recibida por parte de las áreas correspondientes, por lo que cualquier cambio o modificación en la superficie, no es responsabilidad del diseñador hidráulico, los ajustes correspondientes se deberán de realizar en sitio y los niveles de la obra se deberán de ajustar, conservando siempre las condiciones de diseño de la obra de drenaje.
- En caso de que las condiciones de terreno natural se modifiquen y la obra de drenaje se entierre, se deberán de generar canales de entrada y/o salida que garanticen el correcto funcionamiento hidráulico.
- Se debe de verificar el trazo, niveles y posición correcta de acuerdo con el escurrimiento natural, cualquier ajuste al proyecto de drenaje transversal, deberá ser revisado y coordinado entre el constructor, supervisión de obra y residencia de obra.
- El armado de los guarniciones, muros y aleros quedará a cargo del departamento de estructuras.

HISTORIAL DE REVISIONES

ID	FECHA DE REVISIÓN	DESCRIPCIÓN

Comunicaciones Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
TRENES Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

PARA USO EXCLUSIVO DE LA ATTRAPI

"De conformidad con lo dispuesto por la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, esta Agencia a través de la Unidad de Proyectos Ferroviarios, está en la posibilidad de emitir la FACTIBILIDAD TÉCNICA A LA INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y DOCUMENTAL DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN AL PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA, siendo el presente plano y/o anexo parte del mismo, quedando bajo responsabilidad absoluta del propietario su construcción, funcionamiento y comportamiento futuro".

APRUEBA (POR CONVENIO/DEFENSA)
El Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.

Gustavo Ricardo Vallejo Suárez
Céd. Prof.: 1550289

PARA USO EXCLUSIVO DE DEFENSA

Defensa Secretaría de la Defensa Nacional

PROYECTISTA
SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL

APROBÓ
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp.
Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"

Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso
Céd. Prof.: 7973645

VALIDÓ
Jefe de la Mesa de Hidrología Geohidrología, Hidráulica y Drenaje

Cap. 1/o. I.C. Victor Manuel Ramírez Negrete
Céd. Prof.: 7224525

REALIZÓ
Ayudante de Obra

Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz
Céd. Prof.: 15478106

ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA Y DRENAJE (ESTUDIO HIDRÁULICA EN VÍA)

ESC.	ACOT.
INDICADA	MTS

UBICACIÓN / PK	FECHA	REVISIÓN
0+000	AGOSTO/2026	00

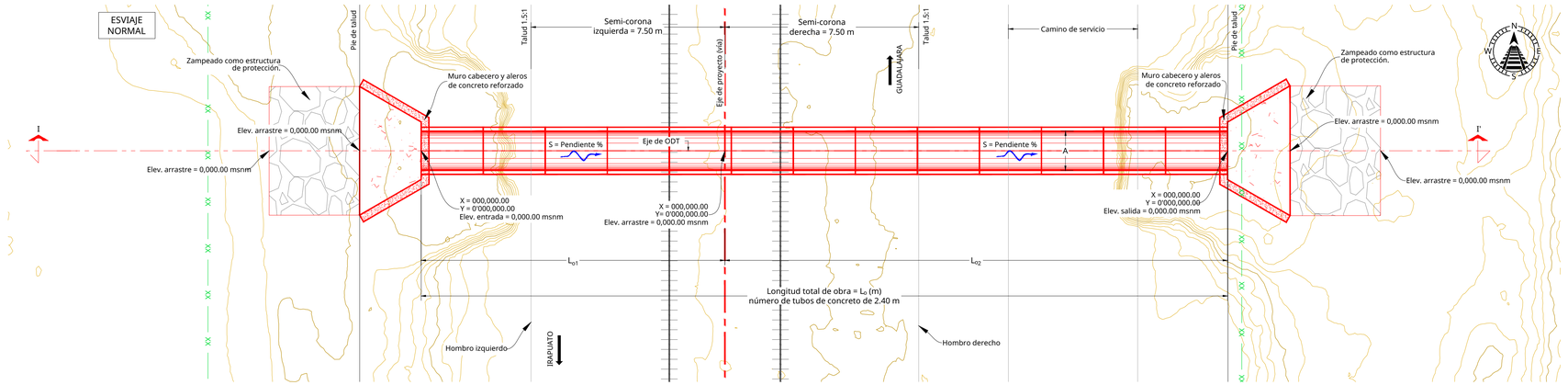
NOMBRE DEL PROYECTO	N° DE PLANOS	ESTADO DE PLANO
"Irapuato-Guadalajara"	003 DE 007	Ingeniería Básica

TÍTULO DEL PLANO
PLANO DE OBRA TIPO DE ODT DE TRES CAJONES DE CONCRETO PREFABRICADO CON ALEROS Y GUARNICIÓN, HECHOS EN SITIO, EN ENTRADA Y SALIDA.

ID ARCHIVO ELECTRÓNICO
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1003.dwg

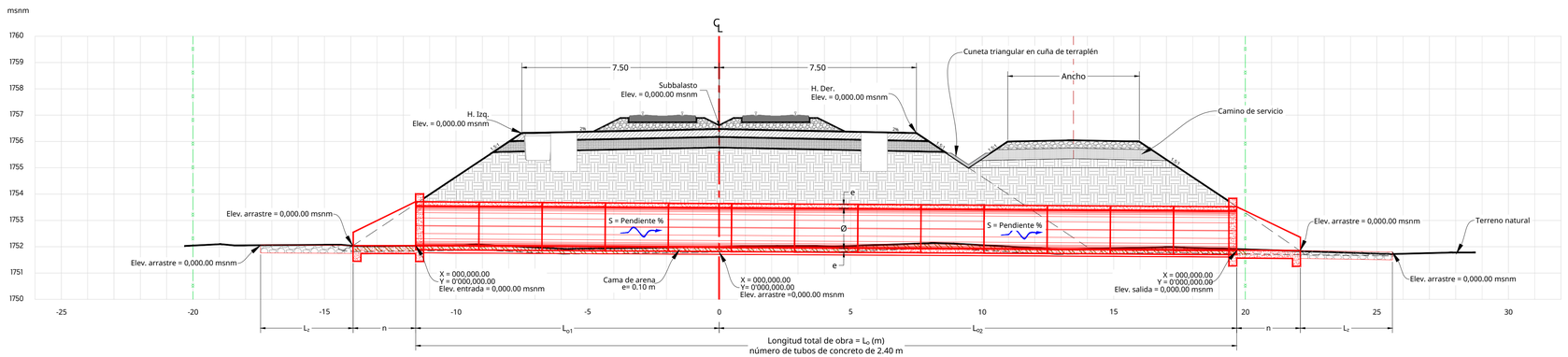
PLANO O CLAVE
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1003

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m



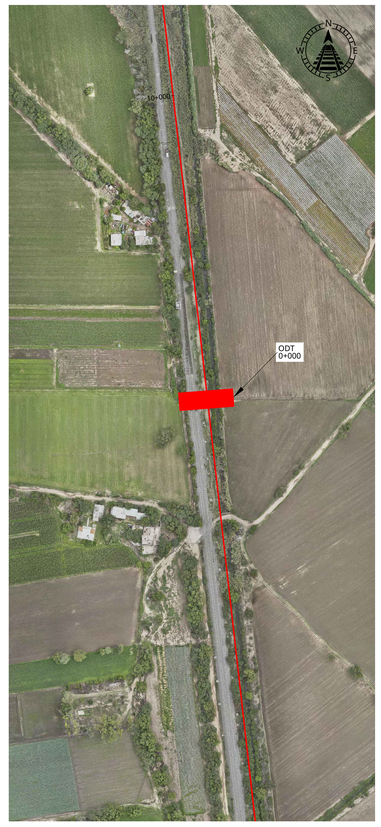
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ODT KM 0+000

Acot. m — Escala: 1:1,000



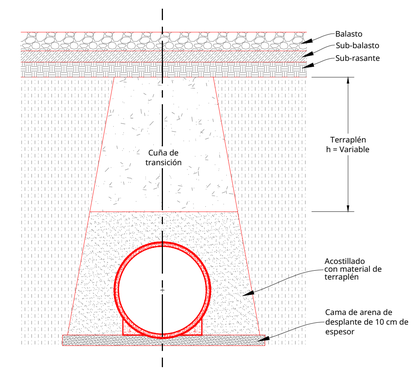
SECCIÓN TRANSVERSAL I-I'

Acot. m — Escala horizontal: 1:1,000
Escala vertical: 1:1,000



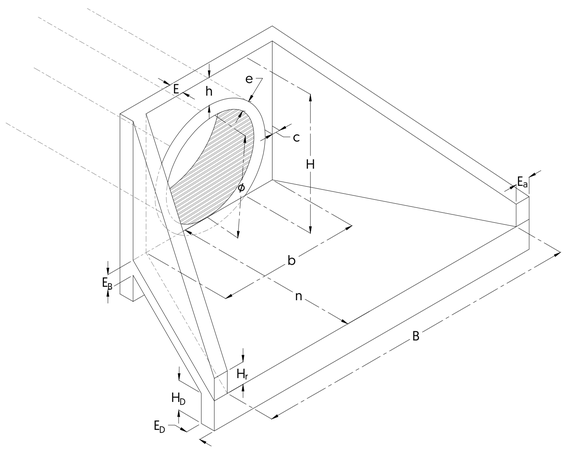
UBICACIÓN DE OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

Acot. m — Escala: 1:20,000



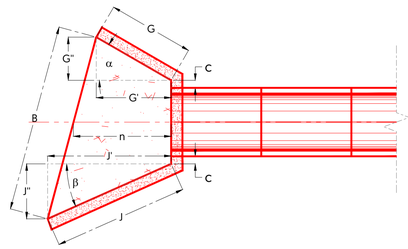
SECCIÓN DE RELLENO

Acot. m — s/e



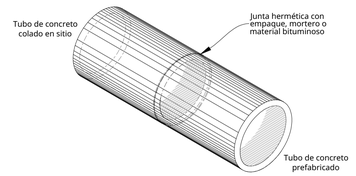
ISOMÉTRICO DE ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Acot. m — s/e



PLANTA DE ALEROS

Acot. m — s/e



CONEXIÓN TUBERÍA-TUBERÍA

Acot. m — s/e

DATOS HIDROLÓGICOS	
CUENCA	0.00
GASTO (m^3/s)	0.00
MÉTODO	00000
ÁREA (km^2)	0.00
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN, h	0.00
LONGITUD DEL CAUCE (m)	0,000
PERIODOD DE RETORNO (AÑOS)	100

DATOS HIDRÁULICOS	
ODT	----
CADENAMIENTO	0+000
SECCIÓN	TUBULAR
GASTO MÁXIMO (m^3/s)	0.00
VELOCIDAD (m/s)	0.00
PENDIENTE	0.000
N DE MANNING (ADIM)	0.013
EFICIENCIA (%)	00
TIPO DE FLUJO	CRÍTICO

DIMENSIONAMIENTO DE ALEROS			
ELEMENTO	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
ALERO LARGO	J	0.00	0.00
	J'	0.00	0.00
	J"	0.00	0.00
	α	0.00°	0.00°
ALERO CORTO	G	0.00	0.00
	G'	0.00	0.00
	G"	0.00	0.00
	β	0.00°	0.00°

DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS					
VARIABLE	ENTRADA	SALIDA	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
Ø	0.00	0.00	H	0.00	0.00
b	0.00	0.00	H_t	0.00	0.00
c	0.00	0.00	E_a	0.00	0.00
e	0.00	0.00	H_D	0.00	0.00
h	0.00	0.00	E_D	0.00	0.00
n	0.00	0.00	E_B	0.00	0.00
B	0.00	0.00	L_z	0.00	0.00
E	0.00	0.00	c'	0.00	0.00

OBRAS A LAS QUE APLICA SOLUCION	
DIAMETRO DEL TUBO	CANTIDAD
1.52 m	129
1.85 m	0
2.11 m	0
2.44 m	0

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE OBRA (L_o)	0.00	m
TRAMO DE TUBO DE 2.4 m	0	pza
EXCAVACIÓN	0.00	m^3
ACOSTILLADO	0.00	m^3
PLANTILLA DE CONCRETO	0.00	m^3

NOTAS PARTICULARES

- LA GEOMETRÍA DE LOS ALEROS Y MUROS CABECEROS HAN SIDO DISEÑADAS CONSIDERANDO PRINCIPALMENTE EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO; SIN EMBARGO, SE DEBERÁN REVISAR ESTRUCTURALMENTE A FIN DE GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS TERRAPLENES Y LA VÍA, POR LO QUE PUEDEN SER MODIFICADOS SIEMPRE Y CUANDO NO SE OBSTRUYA EL ÁREA HIDRÁULICA DE LA OBRA (TUBOS O CAJONES).
- EN CASO DE QUE EL DESPLANTE DE LA OBRA NO QUEDE EN TERRENO FIRME, EL RELLENO BAJO ESTA SE DEBERÁ DE REALIZAR CON MATERIAL DE CALIDAD SUBRASANTE, COMPACTÁNDOSE AL 95% DE SU PVSM SEGÚN PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR.
- EL DENTELLÓN TIENE LA FUNCIÓN DE EVITAR LA SOCAVACIÓN Y EROSIÓN DEL TERRENO A LA SALIDA O ENTRADA DE LA OBRA, ESTE SE AJUSTARÁ A LAS CONDICIONES DEL TERRENO.
- LA OBRA SE CONSTRUIRÁ A BASE DE SECCIONES PREFABRICADAS DE CONCRETO, LAS CUALES SE DEBE VERIFICAR QUE CUMPLAN CON LA NORMA CORRESPONDIENTE Y LOS REQUERIMIETNOS ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE PLANO.
- LA COLOCACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE SE HARÁ SIEMPRE AGUAS HACIA ARRIBA, UBICANDO SIEMPRE EL EXTREMO CON LA JUNTA TIPO MACHO HACIA AGUAS ABAJO.
- LA SECCIÓN HIDRÁULICA AGUAS ABAJO NO PUEDE SER MENOR QUE LA SECCIÓN EXISTENTE AGUAS ARRIBA.
- LOS ANÁLISIS Y RESULTADOS REPRESENTADOS EN ESTE PLANO, SE HAN REALIZADO CON BASE A LA TOPOGRAFÍA RECIBIDA POR PARTE DE LAS ÁREAS CORRESPONDIENTES, POR LO QUE CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACIÓN EN LA SUPERFICIE, NO ES RESPONSABILIDAD DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO, LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES SE DEBERÁN DE REALIZAR EN SITIO Y LOS NIVELES DE LA OBRA SE DEBERÁN DE AJUSTAR, CONSERVANDO SIEMPRE LAS CONDICIONES DE DISEÑO DE LA OBRA DE DRENAJ.
- EN CASO DE QUE LAS CONDICIONES DE TERRENO NATURAL SE MODIFIQUEN Y LA OBRA DE DRENAJE SE ENTIERRE, SE DEBERÁN DE GENERAR CANALES DE ENTRADA Y/O SALIDA QUE GARANTICEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.
- SE DEBE DE VERIFICAR EL TRAZO, NIVELES Y POSICIÓN CORRECTA DE ACUERDO CON EL ESCURRIMIENTO NATURAL, CUALQUIER AJUSTE AL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL, DEBERÁ SER REVISADO Y COORDINADO ENTRE EL CONSTRUCTOR, SUPERVISIÓN DE OBRA Y RESIDENCIA DE OBRA.
- EL ARMADO DE LOS GUARNICIONES, MUROS Y ALEROS QUEDARÁ A CARGO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS.
- LAS OBRAS DE DRENAJE QUE APLICAN PARA ESTE PLANO SON PRELIMINARES, PUEDE HABER VARIACIONES EN EL PROYECTO EJECUTIVO.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara



SIMBOLOGÍA

- EJE DE VÍA
- EJE DE TRAZO
- HOMBRO DE TERRAPLÉN
- PATEO DE TERRAPLÉN
- EJE DE OBRA DE DRENAJE
- CURVA DE NIVEL
- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- TERRENO NATURAL
- TERRENO DESPALMADO
- LÍMITE DE DERECHO DE VÍA
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- TERRAPLÉN
- DESPALME
- SUBBALASTO DE VÍA
- SUBRASANTE DE VÍA
- CORTE DE TERRENO NATURAL
- RELLENO DE TERRENO NATURAL
- SUBRASANTE DE CAMINO DE SERVICIO
- REVESTIMIENTO DE CAMINO DE SERVICIO

NOTAS GENERALES

- La obra tipo está proyectada con un esviaje normal, transversal al eje de la vía.
- Se deberá revisar de acuerdo a proyecto los casos en los que se presenten uniones entre obra existente y obra nueva.
- En los casos donde se presente una transición de alcantarillas de diferente sección se emplearan cajas de transición, en las cuales se debe cumplir que las juntas sean herméticas mediante el uso de empaques, morteros o material bituminoso de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- En los casos que presenten caja de transición se considera los siguientes tipos:
  - Registrable cuando la parte superior quede expuesta por la configuración de los terraplenes.
  - Cuando se requiera canalizar el flujo entre cuerpos de terraplen de forma longitudinal el registro sera tipo rejilla.
  - Cuando la configuración del terraplen requiera que la conexion quede enterrada (tipo ciega), se debe de verificar estructuralmente la losa tapa para asegurar que cumpla correctamente con la capacidad de carga requerida y estabilidad.
- Se considera el uso de cajas de conexión entre alcantarillas, las cuales se ejecutaran con aleros que consideren un comportamiento natural del escurrimiento.
- Los análisis y resultados representados en este plano, se han realizado con base a la topografía recibida por parte de las áreas correspondientes, por lo que cualquier cambio o modificación en la superficie, no es responsabilidad del diseñador hidráulico, los ajustes correspondientes se deberán de realizar en sitio y los niveles de la obra se deberán de ajustar, conservando siempre las condiciones de diseño de la obra de drenaje.
- En caso de que las condiciones de terreno natural se modifiquen y la obra de drenaje se entierre, se deberán de generar canales de entrada y/o salida que garanticen el correcto funcionamiento hidráulico.
- Se debe de verificar el trazo, niveles y posición correcta de acuerdo con el escurrimiento natural, cualquier ajuste al proyecto de drenaje transversal, deberá ser revisado y coordinado entre el constructor, supervisión de obra y residencia de obra.
- El armado de los guarniciones, muros y aleros quedará a cargo del departamento de estructuras.

HISTORIAL DE REVISIONES

ID	FECHA DE REVISIÓN	DESCRIPCIÓN

Comunicaciones — Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
TRENES — Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

PARA USO EXCLUSIVO DE LA ATTRAPI

"De conformidad con lo dispuesto por la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, esta Agencia a través de la Unidad de Proyectos Ferroviarios, está en la posibilidad de emitir la FACTIBILIDAD TÉCNICA A LA INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y DOCUMENTAL DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN AL PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA, siendo el presente plano y/o anexo parte del mismo, quedando bajo responsabilidad absoluta del propietario su construcción, funcionamiento y comportamiento futuro".

APRUEBA (POR CONVENIO/DEFENSA)
El Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.

Gustavo Ricardo Vallejo Suárez
Céd. Prof.: 1550289

PARA USO EXCLUSIVO DE DEFENSA

Defensa — Secretaría de la Defensa Nacional

PROYECTISTA
SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL

APROBÓ
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp.
Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"

Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso
Céd. Prof.: 7973645

VALIDÓ
Jefe de la Mesa de Hidrología
Geohidrología, Hidráulica y Drenaje

Cap. 1/o. I.C. Victor Manuel Ramírez Negrete
Céd. Prof.: 7224525

REALIZÓ
Ayudante de Obra

Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz
Céd. Prof.: 15478106

ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA Y DRENAJE (ESTUDIO HIDRÁULICA EN VÍA)

ESC.	ACOT.
INDICADA	MTS

UBICACIÓN / PK	FECHA	REVISIÓN
0+000	AGOSTO/2026	00

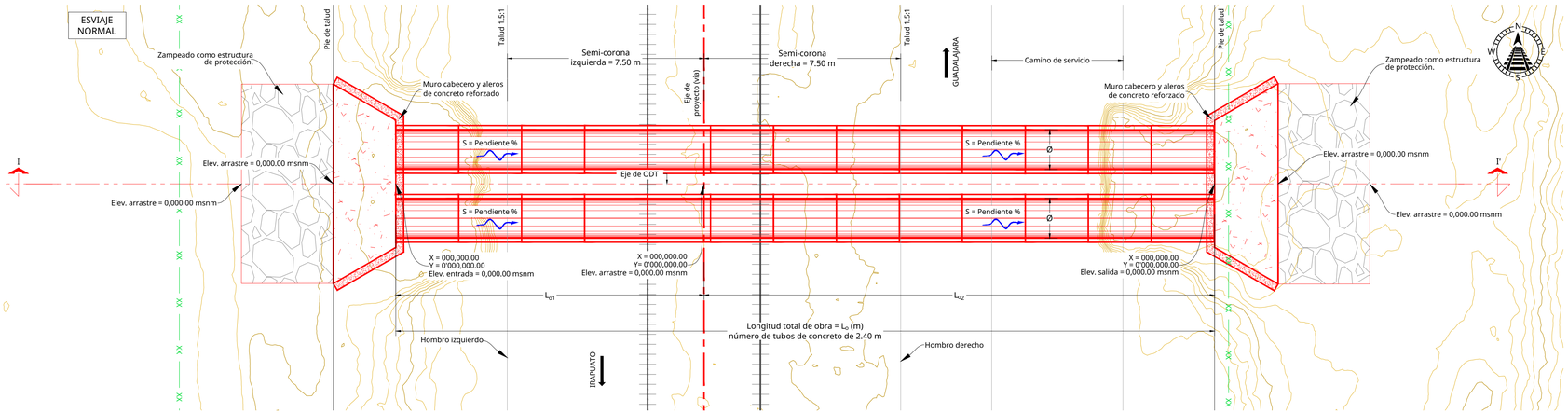
NOMBRE DEL PROYECTO	Nº DE PLANOS	ESTADO DE PLANO
"Irapuato-Guadalajara"	004 DE 007	Ingeniería Básica

TÍTULO DEL PLANO
PLANO DE OBRA TIPO DE ODT DE UN TUBO DE CONCRETO PREFABRICADO CON ALEROS Y MURO CABECERO, HECHOS EN SITIO, EN ENTRADA Y SALIDA.

ID ARCHIVO ELECTRÓNICO
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1004.dwg

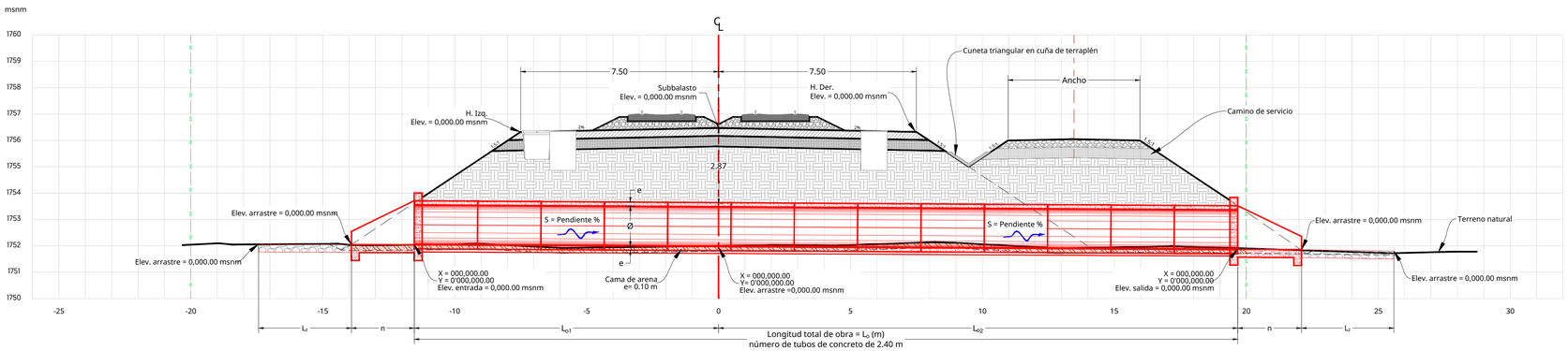
PLANO O CLAVE
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1004

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m



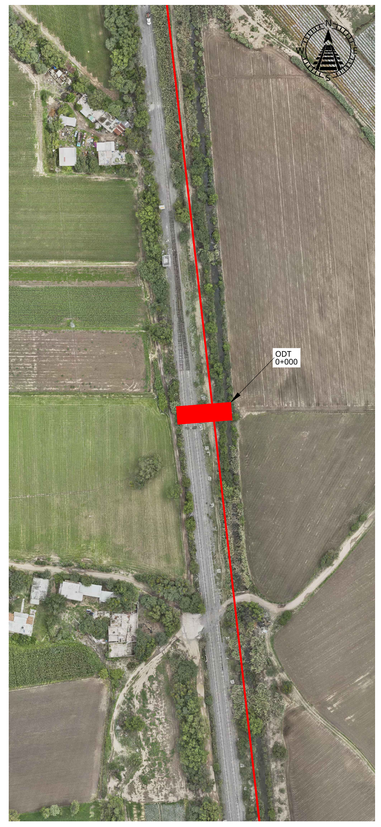
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ODT KM 0+000

Acot. m — Escala: 1:1,000



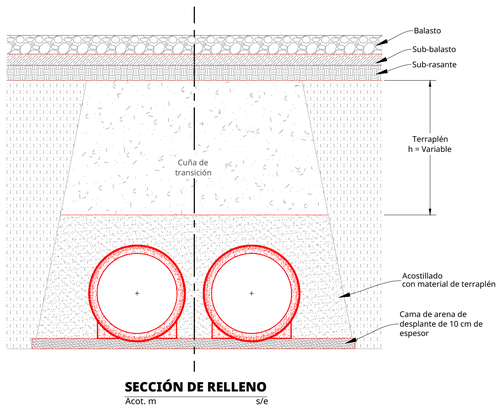
SECCIÓN TRANSVERSAL I-I'

Acot. m — Escala horizontal: 1:1,000
Escala vertical: 1:1,000



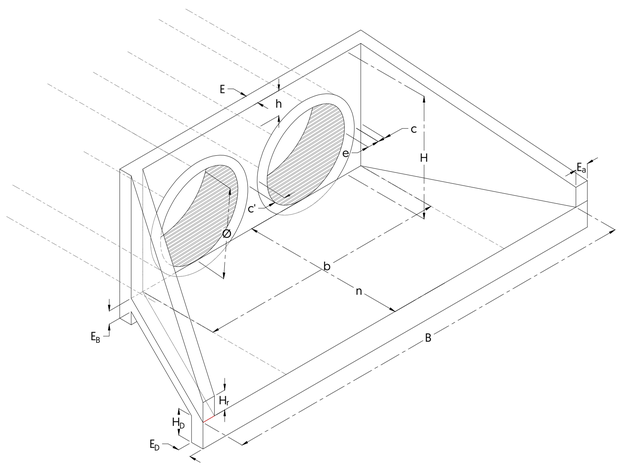
UBICACIÓN DE OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

Acot. m — Escala: 1:20,000



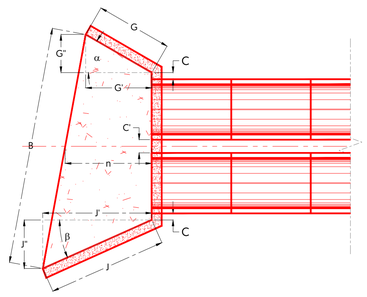
SECCIÓN DE RELLENO

Acot. m — s/e



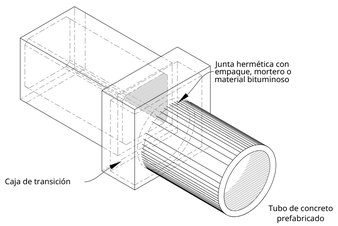
ISOMÉTRICO DE ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Acot. m — s/e



PLANTA DE ALEROS

Acot. m — s/e



CONEXIÓN CAJÓN-TUBERÍA

Acot. m — s/e

DATOS HIDROLÓGICOS	
CUENCA	0.00
GASTO (m^3/s)	0.00
MÉTODO	00000
ÁREA (km^2)	0.00
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN, h	0.00
LONGITUD DEL CAUCE (m)	0,000
PERIODOD DE RETORNO (AÑOS)	100

DATOS HIDRÁULICOS	
ODT	----
CADENAMIENTO	0+000
SECCIÓN	TUBULAR
GASTO MÁXIMO (m^3/s)	0.00
VELOCIDAD (m/s)	0.00
PENDIENTE	0.000
N DE MANNING (ADIM)	0.013
EFICIENCIA (%)	00
TIPO DE FLUJO	CRÍTICO

DIMENSIONAMIENTO DE ALEROS			
ELEMENTO	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
ALERO LARGO	J	0.00	0.00
	J'	0.00	0.00
	J"	0.00	0.00
	α	0.00°	0.00°
ALERO CORTO	G	0.00	0.00
	G'	0.00	0.00
	G"	0.00	0.00
	β	0.00°	0.00°

DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS					
VARIABLE	ENTRADA	SALIDA	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
Ø	0.00	0.00	H	0.00	0.00
b	0.00	0.00	H_t	0.00	0.00
c	0.00	0.00	E_A	0.00	0.00
e	0.00	0.00	H_D	0.00	0.00
h	0.00	0.00	E_D	0.00	0.00
n	0.00	0.00	E_B	0.00	0.00
B	0.00	0.00	L_Z	0.00	0.00
E	0.00	0.00	c'	0.00	0.00

OBRAS A LAS QUE APLICA SOLUCION	
DIAMETRO DEL TUBO	CANTIDAD
1.52 m	6
1.85 m	0
2.11 m	0
2.44 m	0

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE OBRA (L_o)	0.00	m
TRAMO DE TUBO DE 2.4 m	0	pza
EXCAVACIÓN	0.00	m^3
ACOSTILLADO	0.00	m^3
PLANTILLA DE CONCRETO	0.00	m^3

NOTAS PARTICULARES

- LA GEOMETRÍA DE LOS ALEROS Y MUROS CABECEROS HAN SIDO DISEÑADAS CONSIDERANDO PRINCIPALMENTE EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO; SIN EMBARGO, SE DEBERÁN REVISAR ESTRUCTURALMENTE A FIN DE GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS TERRAPLENES Y LA VÍA, POR LO QUE PUEDEN SER MODIFICADOS SIEMPRE Y CUANDO NO SE OBSTRUYA EL ÁREA HIDRÁULICA DE LA OBRA (TUBOS O CAJONES).
- EN CASO DE QUE EL DESPLANTE DE LA OBRA NO QUEDE EN TERRENO FIRME, EL RELLENO BAJO ESTA SE DEBERÁ DE REALIZAR CON MATERIAL DE CALIDAD SUBRASANTE, COMPACTÁNDOSE AL 95% DE SU PVSM SEGÚN PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR.
- EL DENTELLÓN TIENE LA FUNCIÓN DE EVITAR LA SOCAVACIÓN Y EROSIÓN DEL TERRENO A LA SALIDA O ENTRADA DE LA OBRA, ESTE SE AJUSTARÁ A LAS CONDICIONES DEL TERRENO.
- LA OBRA SE CONSTRUIRÁ A BASE DE SECCIONES PREFABRICADAS DE CONCRETO, LAS CUALES SE DEBE VERIFICAR QUE CUMPLAN CON LA NORMA CORRESPONDIENTE Y LOS REQUERIMIETNOS ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE PLANO.
- LA COLOCACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE SE HARÁ SIEMPRE AGUAS HACIA ARRIBA, UBICANDO SIEMPRE EL EXTREMO CON LA JUNTA TIPO MACHO HACIA AGUAS ABAJO.
- LA SECCIÓN HIDRÁULICA AGUAS ABAJO NO PUEDE SER MENOR QUE LA SECCIÓN EXISTENTE AGUAS ARRIBA.
- LOS ANÁLISIS Y RESULTADOS REPRESENTADOS EN ESTE PLANO, SE HAN REALIZADO CON BASE A LA TOPOGRAFÍA RECIBIDA POR PARTE DE LAS ÁREAS CORRESPONDIENTES, POR LO QUE CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACIÓN EN LA SUPERFICIE, NO ES RESPONSABILIDAD DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO, LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES SE DEBERÁN DE REALIZAR EN SITIO Y LOS NIVELES DE LA OBRA SE DEBERÁN DE AJUSTAR, CONSERVANDO SIEMPRE LAS CONDICIONES DE DISEÑO DE LA OBRA DE DRENAJ.
- EN CASO DE QUE LAS CONDICIONES DE TERRENO NATURAL SE MODIFIQUEN Y LA OBRA DE DRENAJE SE ENTIERRE, SE DEBERÁN DE GENERAR CANALES DE ENTRADA Y/O SALIDA QUE GARANTICEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.
- SE DEBE DE VERIFICAR EL TRAZO, NIVELES Y POSICIÓN CORRECTA DE ACUERDO CON EL ESCURRIMIENTO NATURAL, CUALQUIER AJUSTE AL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL, DEBERÁ SER REVISADO Y COORDINADO ENTRE EL CONSTRUCTOR, SUPERVISIÓN DE OBRA Y RESIDENCIA DE OBRA.
- EL ARMADO DE LOS GUARNICIONES, MUROS Y ALEROS QUEDARÁ A CARGO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS.
- LAS OBRAS DE DRENAJE QUE APLICAN PARA ESTE PLANO SON PRELIMINARES, PUEDE HABER VARIACIONES EN EL PROYECTO EJECUTIVO.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara



SIMBOLOGÍA

- EJE DE VÍA
- EJE DE TRAZO
- HOMBRO DE TERRAPLÉN
- PATEO DE TERRAPLÉN
- EJE DE OBRA DE DRENAJE
- CURVA DE NIVEL
- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- TERRENO NATURAL
- TERRENO DESPALMADO
- LÍMITE DE DERECHO DE VÍA
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- TERRAPLÉN
- DESPALME
- SUBBALASTO DE VÍA
- SUBRASANTE DE VÍA
- CORTE DE TERRENO NATURAL
- RELLENO DE TERRENO NATURAL
- SUBRASANTE DE CAMINO DE SERVICIO
- REVESTIMIENTO DE CAMINO DE SERVICIO

NOTAS GENERALES

- La obra tipo está proyectada con un esviaje normal, transversal al eje de la vía.
- Se debera revisar de acuerdo a proyecto los casos en los que se presenten uniones entre obra existente y obra nueva.
- En los casos donde se presente una transición de alcantarillas de diferente sección se emplearan cajas de transición, en las cuales se debe cumplir que las juntas sean herméticas mediante el uso de empaques, morteros o material bituminoso de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- En los casos que presenten caja de transición se considera los siguientes tipos:
  - Registrable cuando la parte superior quede expuesta por la configuración de los terraplenes.
  - Cuando se requiera canalizar el flujo entre cuerpos de terraplen de forma longitudinal el registro sera tipo rejilla.
  - Cuando la configuración del terraplen requiera que la conexion quede enterrada (tipo ciega), se debe de verificar estructuralmente la losa tapa para asegurar que cumpla correctamente con la capacidad de carga requerida y estabilidad.
- Se considera el uso de cajas de conexión entre alcantarillas, las cuales se ejecutaran con aleros que consideren un comportamiento natural del escurrimiento.
- Los análisis y resultados representados en este plano, se han realizado con base a la topografía recibida por parte de las áreas correspondientes, por lo que cualquier cambio o modificación en la superficie, no es responsabilidad del diseñador hidráulico, los ajustes correspondientes se deberán de realizar en sitio y los niveles de la obra se deberán de ajustar, conservando siempre las condiciones de diseño de la obra de drenaje.
- En caso de que las condiciones de terreno natural se modifiquen y la obra de drenaje se entierre, se deberán de generar canales de entrada y/o salida que garanticen el correcto funcionamiento hidráulico.
- Se debe de verificar el trazo, niveles y posición correcta de acuerdo con el escurrimiento natural, cualquier ajuste al proyecto de drenaje transversal, deberá ser revisado y coordinado entre el constructor, supervisión de obra y residencia de obra.
- El armado de los guarniciones, muros y aleros quedará a cargo del departamento de estructuras.

HISTORIAL DE REVISIONES

ID	FECHA DE REVISIÓN	DESCRIPCIÓN

Comunicaciones — Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
TRENES — Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

PARA USO EXCLUSIVO DE LA ATTRAPI

"De conformidad con lo dispuesto por la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, esta Agencia a través de la Unidad de Proyectos Ferroviarios, está en la posibilidad de emitir la FACTIBILIDAD TÉCNICA A LA INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y DOCUMENTAL DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN AL PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA, siendo el presente plano y/o anexo parte del mismo, quedando bajo responsabilidad absoluta del propietario su construcción, funcionamiento y comportamiento futuro".

APRUEBA (POR CONVENIO/DEFENSA)
El Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.

Gustavo Ricardo Vallejo Suárez
Céd. Prof.: 1550289

PARA USO EXCLUSIVO DE DEFENSA

Defensa — Secretaría de la Defensa Nacional

PROYECTISTA
SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL

APROBÓ
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp.
Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"

Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso
Céd. Prof.: 7973645

VALIDÓ
Jefe de la Mesa de Hidrología Geohidrología, Hidráulica y Drenaje

Cap. 1/o. I.C. Victor Manuel Ramírez Negrete
Céd. Prof.: 7224525

REALIZÓ
Ayudante de Obra

Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz
Céd. Prof.: 15478106

ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA Y DRENAJE (ESTUDIO HIDRÁULICA EN VÍA)

ESC.	ACOT.
INDICADA	MTS

UBICACIÓN / PK	FECHA	REVISIÓN
0+000	AGOSTO/2026	00

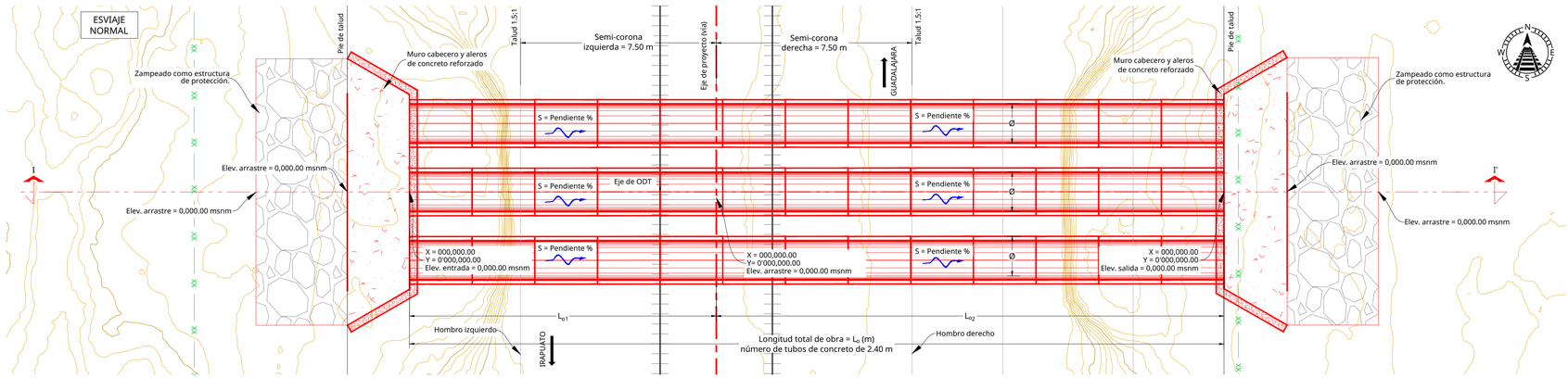
NOMBRE DEL PROYECTO	Nº DE PLANOS	ESTADO DE PLANO
"Irapuato-Guadalajara"	005 DE 007	Ingeniería Básica

TÍTULO DEL PLANO
PLANO DE OBRA TIPO DE ODT DE UN TUBO DE CONCRETO PREFABRICADO CON ALEROS Y MURO CABECERO, HECHOS EN SITIO, EN ENTRADA Y SALIDA.

ID ARCHIVO ELECTRÓNICO
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1005.dwg

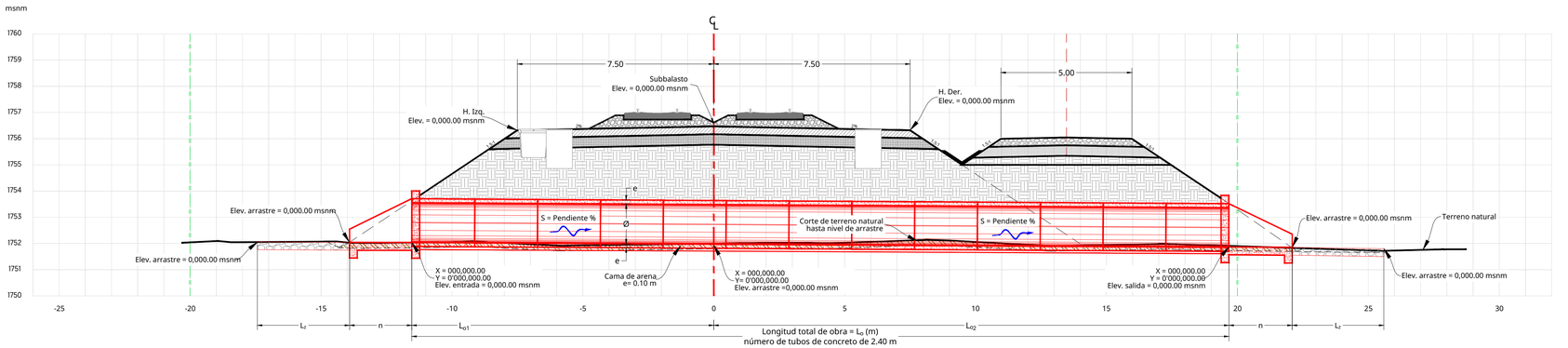
PLANO O CLAVE
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1005

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m



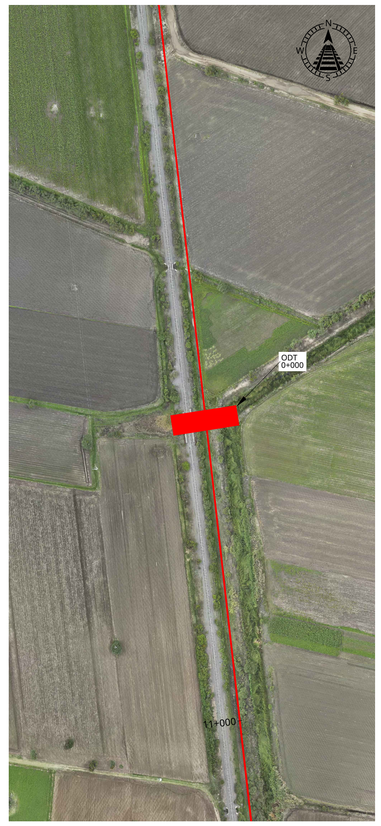
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ODT KM 0+000

Acot. m — Escala: 1:1,000



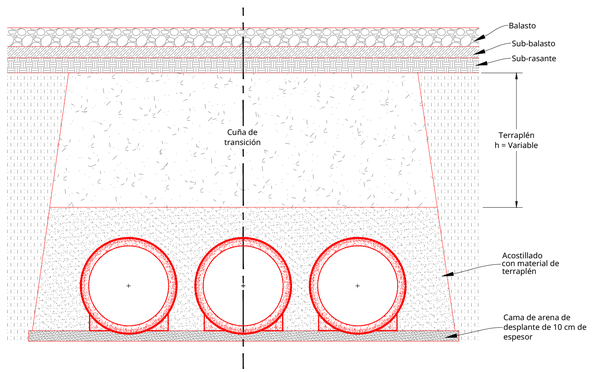
SECCIÓN TRANSVERSAL I-I'

Acot. m — Escala horizontal: 1:1,000
Escala vertical: 1:1,000



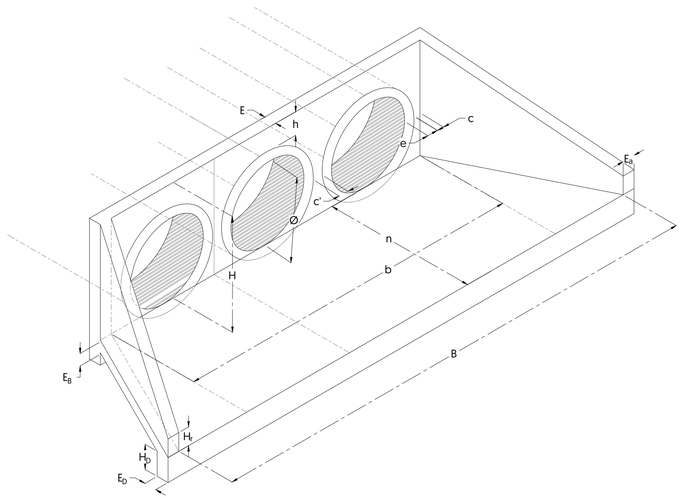
UBICACIÓN DE OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

Acot. m — Escala: 1:20,000



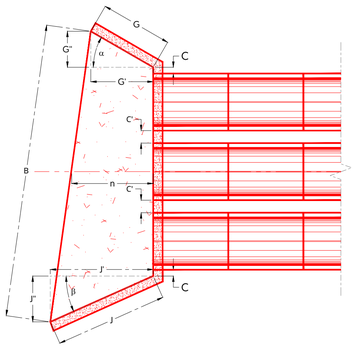
SECCIÓN DE RELLENO

Acot. m — s/e



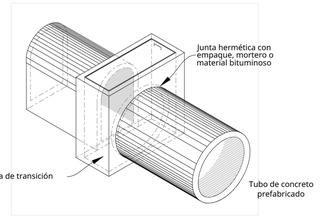
ISOMÉTRICO DE ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Acot. m — s/e



PLANTA DE ALEROS

Acot. m — s/e



CONEXION BOVEDA-TUBERIA

Acot. m — s/e

DATOS HIDROLÓGICOS	
CUENCA	0.00
GASTO (m^3/s)	0.00
MÉTODO	00000
ÁREA (km^2)	0.00
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN, h	0.00
LONGITUD DEL CAUCE (m)	0,000
PERIODOD DE RETORNO (AÑOS)	100

DATOS HIDRÁULICOS	
ODT	----
CADENAMIENTO	0+000
SECCIÓN	TUBULAR
GASTO MÁXIMO (m^3/s)	0.00
VELOCIDAD (m/s)	0.00
PENDIENTE	0.000
N DE MANNING (ADIM)	0.013
EFICIENCIA (%)	00
TIPO DE FLUJO	CRÍTICO

DIMENSIONAMIENTO DE ALEROS			
ELEMENTO	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
ALERO LARGO	J	0.00	0.00
	J'	0.00	0.00
	J''	0.00	0.00
	α	0.00°	0.00°
ALERO CORTO	G	0.00	0.00
	G'	0.00	0.00
	G''	0.00	0.00
	β	0.00°	0.00°

DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS					
VARIABLE	ENTRADA	SALIDA	VARIABLE	ENTRADA	SALIDA
Ø	0.00	0.00	H	0.00	0.00
b	0.00	0.00	H_t	0.00	0.00
c	0.00	0.00	E_A	0.00	0.00
e	0.00	0.00	H_D	0.00	0.00
h	0.00	0.00	E_D	0.00	0.00
n	0.00	0.00	E_B	0.00	0.00
B	0.00	0.00	L_Z	0.00	0.00
E	0.00	0.00	c'	0.00	0.00

OBRAS A LAS QUE APLICA SOLUCION	
DIAMETRO DEL TUBO	CANTIDAD
1.52 m	0.00
1.85 m	0.00
2.11 m	0.00
2.44 m	0.00

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE OBRA (L_o)	0.00	m
TRAMO DE TUBO DE 2.4 m	0	pza
EXCAVACIÓN	0.00	m^3
ACOSTILLADO	0.00	m^3
PLANTILLA DE CONCRETO	0.00	m^3

NOTAS PARTICULARES

- LA GEOMETRÍA DE LOS ALEROS Y MUROS CABECEROS HAN SIDO DISEÑADAS CONSIDERANDO PRINCIPALMENTE EL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO; SIN EMBARGO, SE DEBERÁN REVISAR ESTRUCTURALMENTE A FIN DE GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS TERRAPLENES Y LA VÍA, POR LO QUE PUEDEN SER MODIFICADOS SIEMPRE Y CUANDO NO SE OBSTRUYA EL ÁREA HIDRÁULICA DE LA OBRA (TUBOS O CAJONES).
- EN CASO DE QUE EL DESPLANTE DE LA OBRA NO QUEDE EN TERRENO FIRME, EL RELLENO BAJO ESTA SE DEBERÁ DE REALIZAR CON MATERIAL DE CALIDAD SUBRASANTE, COMPACTÁNDOSE AL 95% DE SU PVSM SEGÚN PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR.
- EL DENTELLÓN TIENE LA FUNCIÓN DE EVITAR LA SOCAVACIÓN Y EROSIÓN DEL TERRENO A LA SALIDA O ENTRADA DE LA OBRA, ESTE SE AJUSTARÁ A LAS CONDICIONES DEL TERRENO.
- LA OBRA SE CONSTRUIRÁ A BASE DE SECCIONES PREFABRICADAS DE CONCRETO, LAS CUALES SE DEBE VERIFICAR QUE CUMPLAN CON LA NORMA CORRESPONDIENTE Y LOS REQUERIMIETNOS ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE PLANO.
- LA COLOCACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE SE HARÁ SIEMPRE AGUAS HACIA ARRIBA, UBICANDO SIEMPRE EL EXTREMO CON LA JUNTA TIPO MACHO HACIA AGUAS ABAJO.
- LA SECCIÓN HIDRÁULICA AGUAS ABAJO NO PUEDE SER MENOR QUE LA SECCIÓN EXISTENTE AGUAS ARRIBA.
- LOS ANÁLISIS Y RESULTADOS REPRESENTADOS EN ESTE PLANO, SE HAN REALIZADO CON BASE A LA TOPOGRAFÍA RECIBIDA POR PARTE DE LAS ÁREAS CORRESPONDIENTES, POR LO QUE CUALQUIER CAMBIO O MODIFICACIÓN EN LA SUPERFICIE, NO ES RESPONSABILIDAD DEL DISEÑADOR HIDRÁULICO, LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES SE DEBERÁN DE REALIZAR EN SITIO Y LOS NIVELES DE LA OBRA SE DEBERÁN DE AJUSTAR, CONSERVANDO SIEMPRE LAS CONDICIONES DE DISEÑO DE LA OBRA DE DRENAJE.
- EN CASO DE QUE LAS CONDICIONES DE TERRENO NATURAL SE MODIFIQUEN Y LA OBRA DE DRENAJE SE ENTIERRE, SE DEBERÁN DE GENERAR CANALES DE ENTRADA Y/O SALIDA QUE GARANTICEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.
- SE DEBE DE VERIFICAR EL TRAZO, NIVELES Y POSICIÓN CORRECTA DE ACUERDO CON EL ESCURRIMIENTO NATURAL, CUALQUIER AJUSTE AL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL, DEBERÁ SER REVISADO Y COORDINADO ENTRE EL CONSTRUCTOR, SUPERVISIÓN DE OBRA Y RESIDENCIA DE OBRA.
- EL ARMADO DE LOS GUARNICIONES, MUROS Y ALEROS QUEDARÁ A CARGO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS.
- LAS OBRAS DE DRENAJE QUE APLICAN PARA ESTE PLANO SON PRELIMINARES, PUEDE HABER VARIACIONES EN EL PROYECTO EJECUTIVO.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- EJE DE VÍA
- EJE DE TRAZO
- HOMBRO DE TERRAPLÉN
- PATEO DE TERRAPLÉN
- EJE DE OBRA DE DRENAJE
- CURVA DE NIVEL
- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- TERRENO NATURAL
- TERRENO DESPALMADO
- LÍMITE DE DERECHO DE VÍA
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- TERRAPLÉN
- DESPALME
- SUBBALASTO DE VÍA
- SUBRASANTE DE VÍA
- CORTE DE TERRENO NATURAL
- RELLENO DE TERRENO NATURAL
- SUBRASANTE DE CAMINO DE SERVICIO
- REVESTIMIENTO DE CAMINO DE SERVICIO

NOTAS GENERALES

- La obra tipo está proyectada con un esviaje normal, transversal al eje de la vía.
- Se debera revisar de acuerdo a proyecto los casos en los que se presenten uniones entre obra existente y obra nueva.
- En los casos donde se presente una transición de alcantarillas de diferente sección se emplearan cajas de transición, en las cuales se debe cumplir que las juntas sean herméticas mediante el uso de empaques, morteros o materialbituminoso de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- En los casos que presenten caja de transición se considera los siguientes tipos:
  - Registrable cuando la parte superior quede expuesta por la configuración de los terraplenes.
  - Cuando se requiera canalizar el flujo entre cuerpos de terraplén de forma longitudinal el registro sera tipo rejilla.
  - Cuando la configuración del terraplén requiera que la conexion quede enterrada (tipo ciega), se debe de verificar estructuralmente la losa tapa para asegurar que cumpla correctamente con la capacidad de carga requerida y estabilidad.
- Se considera el uso de cajas de conexión entre alcantarillas, las cuales se ejecutaran con aleros que consideren un comportamiento natural del escurrimiento.
- Los análisis y resultados representados en este plano, se han realizado con base a la topografía recibida por parte de las áreas correspondientes, por lo que cualquier cambio o modificación en la superficie, no es responsabilidad del diseñador hidráulico, los ajustes correspondientes se deberán de realizar en sitio y los niveles de la obra se deberán de ajustar, conservando siempre las condiciones de diseño de la obra de drenaje.
- En caso de que las condiciones de terreno natural se modifiquen y la obra de drenaje se entierre, se deberán de generar canales de entrada y/o salida que garanticen el correcto funcionamiento hidráulico.
- Se debe de verificar el trazo, niveles y posición correcta de acuerdo con el escurrimiento natural, cualquier ajuste al proyecto de drenaje transversal, deberá ser revisado y coordinado entre el constructor, supervisión de obra y residencia de obra.
- El armado de los guarniciones, muros y aleros quedará a cargo del departamento de estructuras.

HISTORIAL DE REVISIONES

ID	FECHA DE REVISIÓN	DESCRIPCIÓN

Comunicaciones — Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
TRENES — Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
AGENCIA DE TRENES Y TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

PARA USO EXCLUSIVO DE LA ATTRAPI

"De conformidad con lo dispuesto por la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y su Reglamento, esta Agencia a través de la Unidad de Proyectos Ferroviarios, está en la posibilidad de emitir la FACTIBILIDAD TÉCNICA A LA INTEGRACIÓN CUANTITATIVA Y DOCUMENTAL DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN AL PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA, siendo el presente plano y/o anexo parte del mismo, quedando bajo responsabilidad absoluta del propietario su construcción, funcionamiento y comportamiento futuro".

APRUEBA (POR CONVENIO/DEFENSA)
El Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.

Gustavo Ricardo Vallejo Suárez
Céd. Prof.: 1550289

PARA USO EXCLUSIVO DE DEFENSA

Defensa — Secretaría de la Defensa Nacional

PROYECTISTA
SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL

APROBÓ
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp.
Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"

Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso
Céd. Prof.: 7973645

VALIDÓ
Jefe de la Mesa de Hidrología Geohidrología, Hidráulica y Drenaje

Cap. 1/o. I.C. Victor Manuel Ramírez Negrete
Céd. Prof.: 7224525

REALIZÓ
Ayudante de Obra

Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz
Céd. Prof.: 15478106

ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA Y DRENAJE (ESTUDIO HIDRÁULICA EN VÍA)

ESC.	ACOT.
INDICADA	MTS

UBICACIÓN / PK	FECHA	REVISIÓN
0+000	AGOSTO/2026	00

NOMBRE DEL PROYECTO	N° DE PLANOS	ESTADO DE PLANO
"Irapuato-Guadalajara"	006 DE 007	Ingeniería Básica

TÍTULO DEL PLANO
PLANO DE ORBA TIPO DE ODT DE TRES TUBOS DE CONCRETO PREFABRICADO CON ALEROS Y MURO CABECERO, HECHOS EN SITIO, EN ENTRADA Y SALIDA.

ID ARCHIVO ELECTRÓNICO
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1006.dwg

PLANO O CLAVE
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_HDV-1006

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m

CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LLEVAR A CABO LOS ESTUDIOS Y/O TRABAJOS DE PREINVERSIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA DEL PROYECTO DEL TREN DE PASAJEROS "IRAPUATO-GUADALAJARA".

INFORME GEOLÓGICO DEL TRAMO "IRAPUATO – GUADALAJARA".

GEOLOGÍA

Código del Doc.: IG-T00-SDEF-01-V00-INF-PR_GEO-1001.

07/26

REV	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	APROBÓ	FECHA
0	INFORME GEOLÓGICO DEL TRAMO "IRAPUATO – GUADALAJARA".					04/26
1	INFORME GEOLÓGICO DEL TRAMO "IRAPUATO – GUADALAJARA".					07/26

2	INFORME GEOLÓGICO DEL TRAMO “IRAPUATO – GUADALAJARA”.					07/26

CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LLEVAR A CABO LOS ESTUDIOS Y/O TRABAJOS DE PREINVERSIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA DEL PROYECTO DEL TREN DE PASAJEROS "IRAPUATO-GUADALAJARA".

INFORME GEOLÓGICO DEL TRAMO "IRAPUATO – GUADALAJARA".

GEOLOGÍA

Código del Doc.: IG-T00-SDEF-01-V00-INF-PR_GEO-1001.

REGISTRO DE FIRMAS POR LA DEFENSA

Elaboró	Revisó
Ayudante de Obra.	Jefe de la Mesa de Geotecnia, Geología y Geofísca
_____	_____
Tte. I.C. Alejandro Santos Cruz Céd. Prof.: 5547177	Myr. I.C Oswaldo Osorio Peñaflor Céd. Prof.: 3248554
Verificó	Aprobó
I.R.O. Est. Tec. de Preinv. y Obras Comp. Tren de Pas. "Irapuato-Guadalajara"	Gral. Div. I.C. E.M., I.R.G. y Cmte. Agto.
_____	_____
Cap. 1/o. I.C. Orlando Gutiérrez Obeso	Gustavo Ricardo Vallejo Suárez Céd. Prof.: 1550289

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Índice

I. SÍNTESIS/ABSTRACTO. 13
II. INTRODUCCIÓN. 14
III. ANTECEDENTES. 15
IV. OBJETIVO GENERAL. 17
V. ALCANCES. 18
VI. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 20
VII. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO. 22
VIII. METODOLOGÍA DE TRABAJO. 24
A. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN. 24
a. Elaboración de mapas de riesgos geológicos. 25
b. Elaboración de los Mapas geológicos. 26
B. TRABAJO DE CAMPO. 27
a. Estaciones geomecánicas y Puntos de verificación. 32
C. TRABAJO DE GABINETE. 46
IX. MARCO FÍSICO REGIONAL. 47
A. FISIOGRAFÍA. 47
B. HIDROGRAFÍA. 50
C. EDAFOLOGÍA, USO DE SUELO Y VEGETACIÓN. 51
D. SISMICIDAD. 53
X. MARCO GEOMORFOLÓGICO. 56
XI. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL. 62
A. ESTRATIGRAFÍA 62
B. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL. 78
C. LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS. 83
a. Metodología. 83
b. Resultados. 84
XII. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA. 86
A. METODOLOGÍA 86
B. CARACTERIZACIÓN POR ZONA 91

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

a. Zona I 91
b. Zona II 98
c. Zona III 105
d. Zona IV 111
e. Zona V 117
f. Zona VI 122
g. Zona VII 127
h. Zona VIII 135
XIII. MARCO GEOLÓGICO LOCAL 140
XIV. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL 147
XV. RIESGOS GEOLÓGICOS. 149
A. RIESGO POR INUNDACIÓN. 151
a. Metodología. 151
b. Resultados. 151
B. SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS. 153
a. Metodología 153
b. Resultados. 153
C. SUBSIDENCIA 155
a. Metodología 155
b. Resultados 156
D. REGIONALIZACIÓN SÍSMICA. 161
a. Metodología. 162
b. Resultados. 162
c. Velocidad de onda de corte Vs30. 163
E. CORTES GEOLÓGICOS. 165
F. DESLIZAMIENTO DE LADERAS. 168
a. Metodología. 168
b. Resultados. 168
G. PELIGRO POR VULCANISMO. 170
a. Metodología. 170

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

b. Resultados. 170
H. RIESGO QUÍMICO 172
I. ZONIFICACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS. 174
a. Larguillo de riesgos geológicos 174
b. Matríz de riesgos geológicos 176
XVI. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS TOMADOS EN CAMPO 178
XVII. PROPUESTA PARA LA DENSIFICACIÓN DE LA EXPLORACIÓN INDIRECTA Y DIRECTA EN SITIOS DE INTERÉS (GEOLÓGICO Y RIESGO GEOLÓGICO) 189
XVIII. RECOMENDACIONES DE LAS PROBABLES ESTRUCTURAS (PUENTES, TÚNELES, CORTES, ETC.) Y SU RESPECTIVA EXPLORACIÓN. 191
A. COMPLEJO DE INFRAESTRUCTURAS 191
B. CORTES Y TERRAPLENES 193
C. VIADUCTOS FERROVIARIOS 195
D. TÚNELES 196
E. PASOS A DESNIVEL FERROVIARIOS Y VEHICULARES 197
F. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL, PASOS GANADEROS, PASOS FAUNA, ETC. 198
XIX. CONCLUSIONES 200
XX. RECOMENDACIONES 203
XXI. CATÁLOGO DE FUENTES CONSULTADAS 205
XXII. BIBLIOGRAFÍA 207
XXIII. ANEXOS 213

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Defensa 2026, Fases del plan ferroviario que comprende los ejes: CDMX – Nogales y CDMX – Nuevo Laredo. 20
Ilustración 2. Defensa 2026, Mapa de ubicación del tramo Irapuato – Guadalajara. 22
Ilustración 3. Defensa 2026, Distribución de las estaciones geomecánicas y puntos de verificación en el tramo Irapuato – Guadalajara. 28
Ilustración 4. Defensa 2026, Muestra el levantamiento de un Punto de verificación del tramo Irapuato – Guadalajara. 32
Ilustración 5. Defensa 2026, Formato de campo para el levantamiento de Puntos de verificación... 33
Ilustración 6. Defensa 2026, Formato utilizado para las estaciones geomecánicas, a partir del cual se determinan los valores de RMR y GSI, fundamentales para la caracterización de la calidad del macizo rocoso. 34
Ilustración 7. Defensa 2026, Reporte fotográfico utilizado para cada estación geomecánica y punto de verificación del tramo Irapuato – Guadalajara. 35
Ilustración 8. Defensa 2026, Muestra la toma de datos estructurales (Rumbo y Echado) de una estación geomecánica. 36
Ilustración 9. Defensa 2026, Afloramiento en el cual se tomaron datos estructurales (Rumbo y Echado) de las familias de discontinuidades más representativas. 37
Ilustración 10. Jordá Bordehore y otros 2016, Líneas de registro en un afloramiento rocoso. La línea roja proporcionará un valor promedio y la azul un valor máximo. 41
Ilustración 11. Defensa 2026, Trabajos de ejecución en macizo rocoso para determinar datos estructurales como rumbo y echado (estación geomecánica (TIG-EG-028). 44
Ilustración 12. Marinos y otros 2005, Evaluación de GSI, describe las características del macizo rocoso en función del fracturamiento ya sea muy severo o roca masiva. 45
Ilustración 13. Defensa 2026, Mapa de las provincias fisiográficas, y localización del tramo del Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara 48
Ilustración 14. Defensa 2026, Mapa de las Subprovincias fisiográficas del tramo Irapuato – Guadalajara. 49
Ilustración 15. Defensa 2026, Mapa de las regiones hidrológicas del tramo Irapuato – Guadalajara. 50
Ilustración 16. CFE 2015, Regionalizaciones sísmicas del estado de Guanajuato. 54
Ilustración 17. CFE 2015, Regionalizaciones sísmicas del estado de Jalisco. 55
Ilustración 18. SSP 2023, Muestra los sistemas de topoformas del municipio de Irapuato, Gto. 57
Ilustración 19. SSP 2023, Muestra los sistemas de topoformas del municipio de León, Gto. 59
Ilustración 20. SSP 2023, Muestra los sistemas de topoformas del estado de Jalisco 60
Ilustración 21. Defensa 2026, Mapa de los sistemas de Topoformas del tramo Irapuato – Guadalajara. 61
Ilustración 22. Modificado de SGM 2026, Mapa geológico regional escala 1:250,000 y columna estratigráfica regional de la propuesta del Tramo Irapuato – Guadalajara. 62
Ilustración 23. Arturo Gómez Tuena y otros, 2005, Relaciones entre los principales sistemas de fallas del Mioceno-Cuaternario. 78
Ilustración 24. del Pilar 2020, Diagramas de bloques que muestran la evolución estructural del Oligoceno en la parte sur de la Mesa Central de México. (a) Configuración estructural

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

hace 31 Ma con un sistema de fallas de dominó NW y límites entre los dominios de falla (líneas grises). (b) La parte naranja es la cubierta volcánica del Oligoceno medio que se encuentra sobre la red de fallas producida por fallas normal previas. (c) Desarrollo del sistema de fallas polimodal después de ~28 Ma como resultado de la actividad simultánea de todo el sistema de fallas bajo un campo de deformación triaxial. Las flechas rojas son las direcciones principales de extensión. 80
Ilustración 25. Defensa 2026, Mapa de lineamientos Geológicos del tramo Irapuato – Guadalajara. 84
Ilustración 26. Defensa 2026, Zonificación geológica del Tramo Irapuato-Guadalajara..... 90
Ilustración 27. Defensa, 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica I. TIG-EG-006 andesita de la unidad QptA-B (a); TIG-EG-005, conglomerado de la unidad TplQptAr-Cgp (b); TIG-EG-002, toba de la unidad TplAr-TR (c); TIG-EG-011, basalto de la unidad TmB-A (d); TIG-EG-018, andesita de la unidad ToA (e); TIG-EG-009, toba riolítica de la unidad ToR-TR(f). 94
Ilustración 28. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica I.....96
Ilustración 29. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica I; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado,.....97
Ilustración 30. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica II. TIG-EG-023, toba riolítica de la unidad TmplTR (a y b); TIG-EG-024, roca dacita de la unidad TmB-A (c y d); TIG-EG-021, toba riolítica de la unidad ToR-TR (e y f). 101
Ilustración 31. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica II. 103
Ilustración 32. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica II; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado,.....104
Ilustración 33. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica III. TIG-EG-029, roca toba riolítica de la unidad ToR-TR A (a y b); TIG-EG-031, roca riolita de la unidad ToR-TR (c y d); TIG-EG-027, roca andesita de la unidad TmB (e y f). 107
Ilustración 34. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica III.....109
Ilustración 35. Defensa, 2026, Análisis estructural de la zona geológica III; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.....110
Ilustración 36. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica IV. TIG-EG-040, toba riolítica de la unidad ToR-TR (a & b); TIG-EG-041, roca andesita de la unidad TmB-A (c); TIG-EG-042, roca basalto de la unidad TmB-A (d); toba riolítica de la unidad TmplTR (e & f).....113
Ilustración 37. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica IV. 115
Ilustración 38. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica IV; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.....116
Ilustración 39. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica V. TIG-EG-043, basalto de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-044, roca andesita de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-046, roca basalto de la unidad TmB-A (e & f). 119

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Ilustración 40. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica V. 120
Ilustración 41. Defensa 2026, Análisis estructural de la Zona geológica V; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.....121
Ilustración 42. Defensa, 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VI. TIG-PV-082, toba andesítica de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-048, roca basalto de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-049, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f).....124
Ilustración 43. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la Zona Geológica VI. 125
Ilustración 44. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica VI; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.....126
Ilustración 45. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VII. TIG-EG-067, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-055, toba riolítica de la unidad TmplTR (c & d); TIG-EG-061, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f), riolita de la unidad TmR-TA (g & h).....131
Ilustración 46. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la Zona Geológica VII.....133
Ilustración 47. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica VII; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.....134
Ilustración 48. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VIII. TIG-EG-071, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-073, roca basalto de la unidad TplB-A (c & d); TIG-EG-077, toba riolítica de la unidad QptTR (e & f).....137
Ilustración 49. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a Zona VIII. 138
Ilustración 50. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica VIII; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.....139
Ilustración 51. Defensa 2026, Mapa geológico regional escala 1:250,000 y columna estratigráfica local del tramo Irapuato – Guadalajara.....140
Ilustración 52. Defensa 2026, Columna estratigráfica local del tramo Irapuato – Guadalajara.....146
Ilustración 53. Defensa 2026, Representación gráfica de los 466 datos estructurales correspondientes a fallas y fracturas del tramo Irapuato-Guadalajara, a) diagrama de roseta rumbos, b) diagrama de roseta echados.....148
Ilustración 54. Defensa 2026, Mapa de riesgo por inundación del tramo Irapuato –Guadalajara. ..152
Ilustración 55. Defensa 2026, Mapa de suelos colapsables y expansivos del tramo Irapuato - Guadalajara.....154
Ilustración 56. INEGI 2017, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de Irapuato-Salamanca Gto., en el periodo 2017-2019. 156
Ilustración 57. INEGI 2017, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de Silao, Gto., en el periodo 2017-2019. 157
Ilustración 58. INEGI 2022, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de León, Gto; en el periodo 2017-2019. 158
Ilustración 59. INEGI 2023, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de Guadalajara en 2018. 159

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Ilustración 60. DEFENSA 2026, Infraestructura subterránea existente en Guadalajara. 160
Ilustración 61. Defensa 2026, Mapa de Regionalización sísmica del tramo Irapuato – Guadalajara. 161
Ilustración 62. Defensa 2026, Mapa de ocurrencia sísmica del tramo Irapuato – Irapuato. 162
Ilustración 63. Defensa 2026, Mapa de la velocidad de onda de corte Vs30 del tramo Irapuato-Guadalajara. 164
Ilustración 64. Defensa 2026, Mapa de deslizamiento de laderas del tramo Irapuato – Irapuato. 169
Ilustración 65. Defensa 2026, Mapa de Peligro por vulcanismo del tramo Irapuato - Guadalajara. 171
Ilustración 66. Defensa 2026, Plano de la planta “Química Central México S.A. de C.V.” donde se aprecia su interacción con cuerpos de agua y la cercanía al tramo Irapuato – Guadalajara. 172
Ilustración 67. Defensa 2026, Situación actual de la planta "Química Central", en el reconocimiento de campo se identificó contaminación por un cierre inadecuado, no se realizó un plan de restauración después de su clausura 173
Ilustración 68. Defensa 2026, Larguillo de exploración del tramo Irapuato - Guadalajara. 175
Ilustración 69. Defensa 2026, Resultados con escala de riesgo de larguillo de exploración del Tramo Irapuato – Arandas – Guadalajara. 176
Ilustración 70. Defensa 2026, Plano de zonificación por riesgos del Tramo Irapuato - Guadalajara. 177
Ilustración 71. Defensa 2026, Mapa de complejo de infraestructuras (paraderos y estaciones) del tramo Irapuato – Guadalajara. 192
Ilustración 72. Defensa 2026, Mapa de cortes y terraplenes de alto riesgo del tramo Irapuato – Guadalajara. 194
Ilustración 73. Defensa 2026, Mapa de viaductos del tramo Irapuato – Guadalajara 195
Ilustración 74. Defensa 2026, Mapa de pasos vehiculares y ferroviarios del tramo Irapuato – Guadalajara. 197
Ilustración 75. Defensa 2026, Mapa de obras de drenaje transversal (ODT), pasos ganaderos, pasos fauna, etc. del tramo Irapuato – Guadalajara. 199

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Índice de Tablas

Tabla 1. Estados y municipios por los que atraviesa la ruta del tren Irapuato-Guadalajara. 23
Tabla 2. Resumen de estaciones geomecánicas y puntos de verificación ejecutados en la campaña de exploración geológica. 27
Tabla 3. Coordenadas de estaciones geomecánicas del tramo Irapuato – Guadalajara. 29
Tabla 4. Coordenadas de puntos de verificación del tramo Irapuato – Guadalajara. 30
Tabla 5. Clasificación del macizo rocoso mediante RMR. 38
Tabla 6. Clasificación de la resistencia a la compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo. 39
Tabla 7. Valor en puntos RMR de acuerdo con el rango de la resistencia a la compresión simple. 40
Tabla 8. Valor en puntos RMR de acuerdo con el RQD. 42
Tabla 9. Valor en puntos RMR para el parámetro separación de las discontinuidades. 42
Tabla 10. Valor en puntos RMR para el estado de las discontinuidades según las observaciones de campo. 43
Tabla 11. % de los diversos tipos de suelo en el tramo Irapuato - Guadalajara según CONABIO, 2001. 51
Tabla 12. Características sísmicas de los municipios de Guanajuato. 53
Tabla 13. Características sísmicas de los municipios de Jalisco. 55
Tabla 14. Sistema de topoformas correspondientes al municipio de Irapuato. Fuente: INEGI (2010). Tomado de Secretaría de Seguridad Pública, 2023. 57
Tabla 15. Sistema de topoformas correspondientes al municipio de León. Fuente: INEGI (2010). Tomado de Secretaría de Seguridad Pública, 2023. 58
Tabla 16. Fallas geológicas identificadas para el tramo Irapuato - Guadalajara. 85
Tabla 17. Parámetros base para definir la zonificación geológica. 88
Tabla 18. Parámetros geomecánicos de la zona geológica I (Pk 000+000 - 053+000). 93
Tabla 19. Parámetros geomecánicos de la zona geológica II (Pk 053+001 - 090+000). 100
Tabla 20. Parámetros geomecánicos de la zona geológica III (Pk 090+001 - 121+000). 106
Tabla 21. Parámetros geomecánicos de la zona geológica IV (Pk 121+001 - 161+000). 112
Tabla 22. Parámetros geomecánicos de la zona geológica V (Pk 161+001 - 181+000). 118
Tabla 23. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VI (Pk 181+001 - 191+700). 123
Tabla 24. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VII (Pk 191+701 - 253+000). 129
Tabla 25. Parámetros geomecánicos de la zona geológica VIII (Pk 253+001 - 284+730). 136
Tabla 26. Nivel de riesgo por inundación. 151
Tabla 27. Nivel de riesgo por subsidencia. 155
Tabla 28. Clasificación de suelos de acuerdo a la NEHRP*. 163
Tabla 29. Cortes de alto riesgo (≥15m). 166
Tabla 30. Niveles de riesgo por deslizamiento de laderas. 168
Tabla 31. Descripción de las estaciones geomecánicas para el tramo Irapuato-Guadalajara. 179
Tabla 32. Descripción de los puntos de verificación para el tramo Irapuato-Guadalajara. 182
Tabla 33. Catálogo de fuentes consultadas. 205
Tabla 34. Anexos del informe geológico. 213

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 38
Ecuación 2 41
Ecuación 3 41
Ecuación 4 87
Ecuación 5 87
Ecuación 6 87

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

I. SÍNTESIS/ABSTRACTO.

El presente informe geológico integra los resultados de los estudios de caracterización litológica, estructural, geomorfológica y geomecánica realizados a lo largo del Tramo Irapuato–Guadalajara, como parte de los trabajos de preinversión. El análisis se sustenta en levantamientos de campo sistemáticos, incluyendo la ejecución de 78 estaciones geomecánicas y 120 puntos de verificación, complementados con cartografía geológica regional, análisis fisiográfico, hidrológico y evaluación de la peligrosidad sísmica.

Desde el punto de vista geológico, el eje ferroviario se emplaza predominantemente sobre unidades volcánicas del Cenozoico, compuestas por andesitas, basaltos, riolitas y depósitos piroclásticos (tobas), así como secuencias volcano-sedimentarias que incluyen conglomerados y materiales aluviales recientes. Estas unidades presentan una variabilidad significativa en cuanto a grado de consolidación, alteración y fracturamiento, lo que condiciona la calidad del macizo rocoso y su comportamiento geotécnico.

El análisis estructural evidencia la presencia de sistemas de fallamiento asociados a la evolución tectónica del Mioceno al Cuaternario, con patrones de fracturamiento polimodal que influyen directamente en la estabilidad de taludes y en la excavabilidad de los materiales. La caracterización geomecánica, basada en clasificaciones como RMR (Rock Mass Rating) y GSI (Geological Strength Index), permitió establecer rangos de calidad del macizo rocoso que varían de regular a buena en rocas masivas, y de mala a muy mala en zonas altamente fracturadas o intemperizadas.

La zona de ubicación del Tramo Irapuato-Guadalajara está dominada por la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), además de presentar fracciones correspondientes a la Sierra Madre Occidental y la Mesa del Centro, las cuales generan características topográficas diversas en la región. La caracterización de las condiciones hidrográficas permite comprender la dinámica superficial del agua y su interacción con el medio geológico, identificando los patrones de drenaje, la distribución de los colectores principales y las zonas de concentración de escorrentía. Esta información contribuyó a interpretar los procesos de erosión, transporte y deposición de materiales, así como las condiciones de saturación y el comportamiento hidrogeológico que influyen en las propiedades geotécnicas de los materiales superficiales y en la estabilidad del terreno, constituyendo un insumo fundamental para la evaluación de amenazas, entre ellas la susceptibilidad a inundaciones.

Asimismo, se identificaron distintas zonas geológico-geotécnicas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, diferenciadas por sus condiciones litológicas, estructurales y geomorfológicas, lo cual permite anticipar problemáticas específicas para el diseño y construcción de la infraestructura ferroviaria, tales como inestabilidad de taludes, presencia de materiales deleznables, variabilidad en la capacidad de carga y susceptibilidad a procesos erosivos.

En conjunto, la información generada constituye una base técnica sólida para la toma de decisiones en etapas subsecuentes del proyecto, particularmente en lo relativo al diseño geotécnico, la selección de métodos constructivos y la implementación de medidas de mitigación de riesgos geológicos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

II. INTRODUCCIÓN.

El Gobierno de México ha retomado su papel estratégico en la operación del sistema ferroviario nacional, impulsando el uso de las vías férreas existentes y nuevas para el transporte de pasajeros. Esta iniciativa busca equilibrar el uso del sistema ferroviario, tradicionalmente destinado al transporte de carga, para incluir también servicios eficientes y sostenibles de pasajeros, con el objetivo de mejorar la movilidad regional, reducir la congestión vial y promover el desarrollo económico del país, así como el turismo.

En noviembre de 2023, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Decreto por el que se declara área prioritaria para el desarrollo nacional, la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en el Sistema Ferroviario Mexicano". Este decreto establece las bases legales y operativas para la reactivación de siete rutas ferroviarias estratégicas, a través de concesiones, asignaciones y proyectos públicos orientados a la movilidad interurbana y regional.

El Proyecto Ferroviario del Tramo Irapuato–Guadalajara forma parte del eje México-Nogales y busca consolidar una ruta moderna y eficiente que conecte dos importantes polos económicos y demográficos del país: el Bajío y el Occidente.

En este contexto, el conocimiento de las condiciones geológicas del Tramo Irapuato–Guadalajara constituye un elemento fundamental para la planeación, diseño y desarrollo del Proyecto Ferroviario. El presente informe tiene como propósito caracterizar y documentar las condiciones geológicas, geomorfológicas, estructurales, geomecánicas e hidrogeológicas del área de estudio, así como identificar los procesos y amenazas geológicas que pueden incidir en el desempeño y la estabilidad de la infraestructura proyectada. Para ello, integra la información obtenida mediante trabajos de campo y gabinete, proporcionando la base técnica para la evaluación de la aptitud geotécnica del Tramo Irapuato-Guadalajara, la identificación de sectores con restricciones o susceptibilidad a procesos geológicos y la definición de criterios para la planeación, el diseño, la construcción y la gestión del riesgo en las etapas subsecuentes del proyecto.

El proyecto impulsará beneficios significativos a nivel regional, como la reducción de tiempos de traslado, la mejora de la conectividad interestatal, la promoción del turismo y la disminución de emisiones contaminantes. Además, contempla medidas para mitigar los impactos ambientales y sociales durante su planeación, construcción y operación, alineándose con las políticas nacionales de sostenibilidad y desarrollo territorial.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

III. ANTECEDENTES.

El sistema ferroviario en México ha desempeñado históricamente un papel fundamental en la articulación territorial, el desarrollo económico y la integración regional. Desde finales del siglo XIX y durante gran parte del siglo XX, el ferrocarril constituyó el principal medio de transporte para pasajeros y carga, permitiendo la conexión eficiente entre centros urbanos, zonas industriales y regiones agrícolas. No obstante, a partir de la segunda mitad del siglo XX, se observó una disminución progresiva en la relevancia del transporte ferroviario de pasajeros, derivada principalmente del impulso sostenido a la infraestructura carretera, el crecimiento del parque vehicular y la consolidación del transporte aéreo en rutas de mayor distancia (SCT, 2018).

En el contexto actual, donde la necesidad de utilizar modelos de movilidad más sostenibles, resilientes y eficientes, el transporte ferroviario de pasajeros ha recobrado relevancia como una alternativa estratégica. A nivel internacional, diversos países han impulsado la modernización y expansión de sus redes ferroviarias como parte de políticas integrales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mejora de la conectividad regional y fortalecimiento de la competitividad económica.

La interconexión entre los países que conforman la Unión Europea (UE), funge como un claro ejemplo de la importancia en el desarrollo de proyectos ferroviarios, ya que es uno de los métodos de transporte más económicos disponibles. El enfoque brindado a la infraestructura ferroviaria ha permitido disminuir el tiempo de traslado entre ciudades e incluso países como España, Francia y Turquía, esto gracias al desarrollo de líneas de alta velocidad, alcanzando velocidades de hasta 250 km/h y acortando tiempos de traslados en hasta un 60% (Kaytan Can, 2012).

En consonancia con estas tendencias, el Gobierno de México ha promovido en los últimos años la reactivación del transporte ferroviario de pasajeros mediante el desarrollo de proyectos prioritarios de infraestructura, tales como el Tren Maya y el Tren Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, los cuales han demostrado la viabilidad técnica, social y económica de este tipo de iniciativas (Gobierno de México, 2023).

La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), a través de la Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado (ATTRAPI), ha informado que el Tren del Norte atenderá una demanda estimada de 70 mil pasajeros diarios en sus rutas Ciudad de México-Querétaro-Irapuato y Saltillo-Nuevo Laredo. Estos tramos, que ya se encuentran en proceso de construcción, sumarán en total 730 kilómetros y para su realización se aprovechará el derecho de vía existente.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En este marco, el Tramo Irapuato – Guadalajara adquiere particular relevancia debido a su ubicación estratégica dentro de la región Bajío-Occidente, una de las zonas con mayor dinamismo económico del país. Esta región se caracteriza por la concentración de actividades industriales, especialmente en los sectores automotriz, manufacturero y agroindustrial, así como por una creciente interacción comercial y social entre sus principales núcleos urbanos. La ciudad de Irapuato, en el estado de Guanajuato, y la ciudad de Guadalajara, capital del estado de Jalisco, representan polos de desarrollo regional cuya conectividad resulta esencial para el fortalecimiento de cadenas productivas y la movilidad de la población (INEGI, 2022).

Actualmente, la movilidad entre ambas ciudades se realiza predominantemente a través de infraestructura carretera, incluyendo autopistas de alta capacidad y carreteras federales. Si bien esta red permite una conexión directa, enfrenta problemáticas crecientes asociadas al incremento de la demanda vehicular, tales como congestión en tramos críticos, variabilidad en los tiempos de traslado, altos índices de siniestralidad y un impacto ambiental significativo derivado de las emisiones de gases contaminantes. Estas condiciones evidencian la necesidad de diversificar los modos de transporte disponibles, incorporando alternativas más eficientes, seguras y sostenibles (SICT, 2021).

En este contexto, el proyecto de Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara se plantea como una intervención estratégica orientada a reactivar el transporte ferroviario de pasajeros en una zona de alta relevancia económica y social. Lo que fortalecerá la integración multimodal del sistema de transporte regional, facilitando la conexión con redes de transporte urbano, sistemas de autobuses de tránsito rápido (BRT) y otros servicios complementarios. Esta integración es clave para maximizar la accesibilidad y el impacto positivo del proyecto en términos de cobertura territorial y equidad en el acceso a servicios de movilidad.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

IV. OBJETIVO GENERAL.

Identificar, caracterizar y evaluar las condiciones geológicas correspondiente al Tramo Irapuato – Guadalajara, a nivel de Ingeniería Básica, mediante el análisis de las unidades litológicas, rasgos estructurales, condiciones geomorfológicas y demás factores geológicos relevantes, con el propósito de determinar la factibilidad geológica del eje propuesto. Asimismo, establecer una zonificación geológica del Tramo Irapuato - Guadalajara, agrupando sectores con características y comportamiento geomecánico similares, que sirva como base técnica para el desarrollo de las etapas subsecuentes de ingeniería, diseño y construcción del proyecto ferroviario.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Recopilar información bibliográfica para conocer el contexto geológico del área del proyecto.
2. Determinar los posibles riesgos para la zona de proyecto: geológicos, inundaciones, hundimientos y/o inestabilidades, cuya incidencia puedan afectar a la seguridad o viabilidad del proyecto.
3. Caracterizar las unidades litológicas a lo largo del eje de trazo proyectado.
4. Identificar lineamientos y estructuras geológicas importantes que puedan influir la posición del eje del proyecto.
5. Identificar contactos entre unidades de roca y estructuras geológicas, mediante fotointerpretación.
6. Determinar las condiciones geomecánicas del macizo rocoso mediante la evaluación de los parámetros del RMR y el GSI, con el fin de definir la calidad de la roca.
7. Desarrollar una zonificación geológica del área de estudio, considerando la distribución espacial y características similares para las unidades litológicas, estructuras y riesgos geológicos asociados, así como la relación que exista entre dichos elementos.
8. Establecer recomendaciones técnicas preliminares relacionadas con las estructuras y condiciones del terreno, orientadas a apoyar el desarrollo y la integración de las distintas disciplinas involucradas en el proyecto.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

V. ALCANCES.

El presente informe, forma parte de los estudios de Preinversión para el desarrollado de la Ingeniería Básica del Tren de Pasajeros Irapuato–Guadalajara, su alcance comprende el análisis, la interpretación y la integración de información geológica regional y local a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, el cual abarca una extensión de 284.73 km distribuidos a lo largo de 15 municipios correspondientes a los estados de Guanajuato y Jalisco, lo cual permitirá establecer un marco técnico que respalde la toma de decisiones en etapas subsecuentes de diseño, construcción y operación.

En el plazo establecido para el desarrollo de la Ingeniería Básica y en apego a los Términos de Referencia, así como los lineamientos para la Ingeniería Básica por parte de Defensa; se desarrollarán una serie de documentos técnicos que comprenden informes geológicos a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, basados principalmente en campañas de exploración en campo sobre el eje del trazo y en el derecho de vía mediante levantamientos en puntos estratégicos previamente identificados mediante trabajo de gabinete, para la adquisición de datos litológicos, geomecánicos y estructurales (fallas, lineamientos y fracturas), esto con la finalidad de corroborar las hipótesis propuestas con base en la información bibliográfica y generar las correcciones pertinentes con los datos adquiridos; lo anterior con la finalidad de presentar la actualización de la geología local, referente al proyecto mediante cartografía.

Se contempla la recopilación, revisión y análisis crítico de datos públicos, cartográficos y de estudios previos generados por instituciones oficiales, tales como el Servicio Geológico Mexicano, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y universidades de prestigio, con el fin de delimitar las principales unidades litológicas, su distribución espacial y sus relaciones estratigráficas. También se considera la identificación y caracterización de estructuras geológicas relevantes —como fallas, fracturas, pliegues y zonas de debilidad— que puedan representar condicionantes para el diseño del Tramo Irapuato – Guadalajara; o implicar riesgos durante las etapas constructiva y operativa. Se pone especial énfasis en el contexto tectónico del Eje Neovolcánico Transmexicano, dada su influencia en la evolución geológica y la sismicidad regional.

La evaluación preliminar de los riesgos geológicos y geodinámicos a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara forma parte del informe geológico, incluyendo lineamientos geológicos, procesos de inestabilidad de laderas, subsidencia, inundaciones, riesgo sísmico, expansión y colapsos de suelos, riesgos volcánicos. Esta evaluación preliminar contempla la revisión, análisis y manipulación de documentos que pertenezcan a fuentes fidedignas oficiales (INEGI, CENAPRED, SGM, CONABIO, etc.) considerando informes, bases de datos e información georreferenciada en formatos vectoriales y ráster, así como un análisis matricial que permitirá zonificar los riesgos a lo largo del trazo e identificar zonas potencialmente críticas que requieran estudios más detallados en etapas posteriores.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Determinar las unidades geológicas que se encuentran en superficie proporcionará las herramientas para la correcta interpretación y correlación de las unidades del subsuelo que resulten de los estudios geofísicos y geotécnicos con el objetivo de inferir las condiciones del subsuelo y su comportamiento mecánico generando criterios iniciales para el diseño de viaductos, cortes, terraplenes y estructuras asociadas, con la finalidad de satisfacer velocidades de proyecto de hasta 200 km/h y coadyuvar en el tiempo de recorrido aproximado de 2hr 27 min, beneficiando de esta manera a una población potencial de 6,065,673 habitantes.

El estudio presenta limitaciones inherentes a su naturaleza de ingeniería básica y alcance exclusivamente geológico. La caracterización se restringe a la geología de superficie y a lo observable en afloramientos y cortes existentes, sin exploración del subsuelo, lo cual se complementará con la información correspondiente a las áreas de geofísica y geotecnia. Los mapas de susceptibilidad a inundación y deslizamiento se generan a escala regional y no sustituyen estudios de detalle a escala de sitio.

El Índice de Resistencia Geológica (GSI) se estima mediante el RMR a través de métodos empíricos y observación visual, sin ensayos de laboratorio. La identificación de fallas activas se basa en correlación espacial con sismicidad histórica y criterios geomorfológicos. El estudio se realiza a escala de reconocimiento y semidetalle, con interpolación entre afloramientos representativos, por lo que las zonas con cobertura de suelo no permiten caracterizar el macizo rocoso subyacente. Algunos sectores del trazado no pueden ser verificados en campo por restricciones de acceso, apoyándose entonces en información de gabinete, la evaluación de subsidencia y suelos expansivos se efectúa mediante fuentes indirectas, sin mediciones de nivelación ni ensayos de expansividad, por lo que los resultados son de tipo regional y deben considerarse como una alerta temprana.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Una de las estrategias de desarrollo en el país es la reconstrucción de la red ferroviaria de pasajeros. El proyecto Trenes del Norte contempla la edificación de más de 3,000 kilómetros de vías nuevas que conectarán la CDMX con las principales fronteras del país: Nuevo Laredo y Nogales, así como, a uno de los puertos más importantes del Pacífico: Mazatlán. La obra fue dividida en cuatro fases principales para lograr la meta, bajo una estrategia coordinada por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), la Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado (ATTRAPI) y la Secretaría de la Defensa Nacional (Defensa).

El objetivo general es reconstruir el sistema de trenes de pasajeros sobre derechos de vía existentes o paralelos a las rutas de carga, con velocidades de operación que permiten recorridos predecibles y estaciones distribuidas según la demanda regional.

El Proyecto Ferroviario del Tramo Irapuato-Guadalajara corresponde a la siguiente fase del proyecto Trenes del Norte:

- Segunda fase: Abarca 1,336 kilómetros en el Bajío y el Pacífico. Conecta Querétaro con San Luis Potosí, extiende una ruta de Mazatlán a Los Mochis y enlaza Irapuato con Guadalajara. También incluye el tramo San Luis Potosí-Saltillo. Estos proyectos se encuentran en fase de estudios de ingeniería básica y este documento forma parte de la misma.



Ilustración 1. Defensa 2026, Fases del plan ferroviario que comprende los ejes: CDMX – Nogales y CDMX – Nuevo Laredo.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El proyecto ferroviario del tramo Irapuato–Guadalajara se concibe como una obra de infraestructura lineal de transporte de pasajeros que forma parte del eje estratégico México–Nogales, con una longitud total de 284.63 km y se desarrolla a través de los estados de Guanajuato y Jalisco. El diseño ha sido proyectado para permitir velocidades de operación comprendidas entre 40 y 200 km/h, con una velocidad promedio estimada de 116 km/h y un tiempo de recorrido aproximado de 2 horas y 27 minutos entre las terminales de Irapuato y Guadalajara. Respecto a su desarrollo espacial, el trazado inicia en el municipio de Irapuato y se desarrolla inicialmente de forma paralela a la infraestructura ferroviaria existente de FERROMEX hasta las inmediaciones de León. Posteriormente se desvía para evitar la zona de influencia de la Presa de Silva y Áreas Aledañas, continuando a través de zonas predominantemente agrícolas y parcelarias hasta llegar a la ciudad de Guadalajara.

A lo largo de su recorrido intersecta diversos tramos carreteros estratégicos de carácter federal y estatal, hasta incorporarse al entorno urbano del Área Metropolitana de Guadalajara.

La infraestructura ferroviaria propuesta proporcionará conectividad directa o indirecta a 15 municipios de los estados de Guanajuato y Jalisco, incluyendo Irapuato, Silao, León, San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón, San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic, Zapotlanejo, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Guadalajara y Zapopan. Para la atención de la demanda regional de movilidad se consideran cuatro estaciones principales localizadas en León, Tepatitlán, Guadalajara y Zapopan, así como seis paraderos intermedios ubicados en Silao, Aeropuerto, Del Rincón, Capilla de Guadalupe, Zapotlanejo, Tlaquepaque y Tonalá.

Además de la infraestructura ferroviaria principal, el proyecto contempla la ejecución de diversas obras complementarias necesarias para garantizar la continuidad operativa, la seguridad y la integración funcional del proyecto. Entre éstas se incluyen cruces ferroviarios y carreteros, pasos superiores e inferiores vehiculares, pasos peatonales, puentes, obras de drenaje transversal, estructuras hidráulicas, adecuaciones y reubicaciones de infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones, así como obras de enlace con la red vial regional existente. En materia de ocupación territorial, se considera preliminarmente una franja de derecho de vía de 40 m de ancho centrada sobre el eje del proyecto.

El proyecto implica la intervención directa sobre diversos materiales y unidades litológicas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, por lo que, su caracterización proporciona elementos básicos que deben ser considerados en las etapas de diseño, construcción y operación del tren. Además, se considera la adecuación, modernización y/o construcción de la plataforma ferroviaria, la cual estará conformada por capas estructurales típicas (subrasante, sub balasto y balasto), apoyadas sobre el terraplén y/o viaducto, que conlleva un aumento en los requerimientos de agregados que debe ser contemplado desde etapas tempranas mediante en análisis de los bancos de materiales aledaños al DDV.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

VII. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El trazo principal propuesto para el proyecto ferroviario Irapuato-Guadalajara, el cual forma parte del eje México-Nogales, atraviesa dos estados de la República Mexicana, Jalisco y Guanajuato.

En Guanajuato, el recorrido del tren inicia en la parte centro-sur del estado, específicamente en la ciudad de Irapuato, ubicada en la zona centro y dentro de la región metropolitana Irapuato–Salamanca, con coordenadas UTM (WGS 84, Zona 14N) 255,412.84 m E y 2,290,043.56 m N. Desde aquí, el Tramo Irapuato - Guadalajara avanza hacia el Norte y Noreste, atravesando los municipios de Silao de la Victoria, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón, los cuales forman parte de la zona centro y Metropolitana de León (ver Ilustración 2).

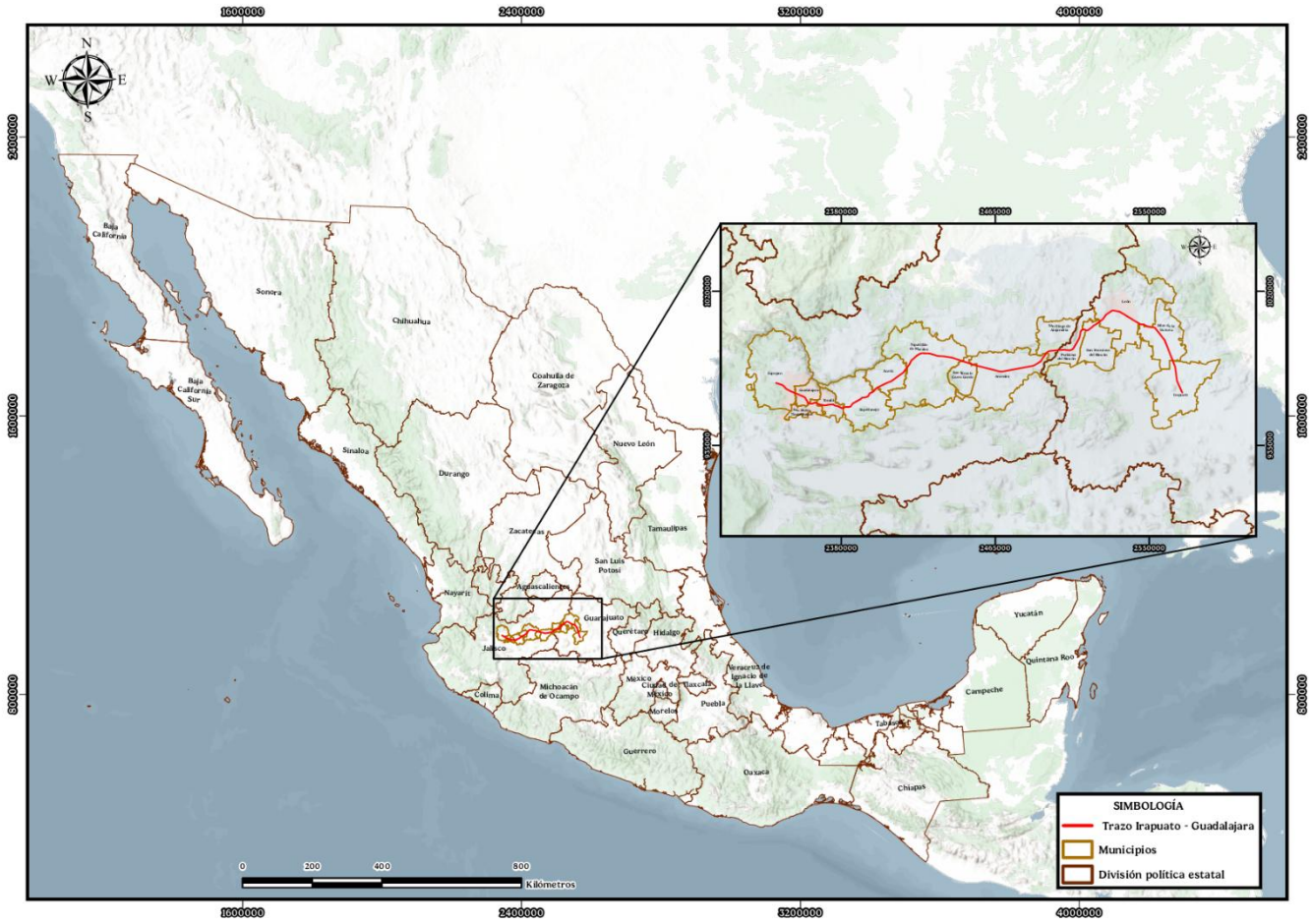


Ilustración 2. Defensa 2026, Mapa de ubicación del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El Tramo Irapuato - Guadalajara continúa hacia el estado de Jalisco, desplazándose inicialmente hacia el Oeste y atravesando el municipio de San Diego de Alejandría, ubicado en la región de Altos Norte. Posteriormente, mantiene una orientación predominante hacia el Oeste-Suroeste, cruzando los municipios de Tepatitlán de Morelos y Acatic, todos ellos pertenecientes a la región de Altos Sur. A partir de aquí, el eje ferroviario se dirige hacia el Suroeste, ingresando a la Zona Metropolitana de Guadalajara, donde atraviesa los municipios de Zapotlanejo, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque y Guadalajara, para finalmente concluir en Zapopan, con la coordenada 661179.16 m E y 2289635.96 m N, referido a la Zona UTM 13N.

A continuación, se enlistan los municipios que formarán parte de la principal ruta ferroviaria, correspondiendo según el estado y la región a la que pertenecen de acuerdo con la Regionalización de cada estado (ver TABLA 1).

TABLA 1. ESTADOS Y MUNICIPIOS POR LOS QUE ATRAVIESA LA RUTA DEL TREN IRAPUATO-GUADALAJARA.

ESTADO	REGIÓN	MUNICIPIO
Guanajuato	Metropolitana Irapuato-Salamanca (Centro)	Irapuato
	Metropolitana León (Centro)	Silao de la Victoria
		León
		San Francisco del Rincón
		Purísima del Rincón
Jalisco	Altos Norte	San Diego de Alejandría
	Altos Sur	Arandas
		San Ignacio Cerro Gordo
		Tepatitlán de Morelos
		Acatic
		Zapotlanejo
	Centro	Tonalá
		San Pedro Tlaquepaque
		Guadalajara
		Zapopan

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

VIII. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

El desarrollo de los Estudios Geológicos para un Proyecto de Ingeniería Básica considera la ejecución de una serie procedimientos para determinar las características litológicas y estructurales de la propuesta de Tramo Irapuato - Guadalajara, entre los que destacan, la recopilación de información bibliográfica y cartográfica existente, la interpretación de imágenes satelitales, que constituyen la base para una adecuada planificación del trabajo de campo y su posterior procesamiento e interpretación, esto siguiendo los estándares de los Términos de Referencia proporcionados por la Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado (ATTRAPI), así como a los criterios y procedimientos definidos en las normativas N-PRY-CAR-1-03-001-00, N-PRY-CAR-1-03-002-00 y N-PRY-CAR-1-03-003-00. Estas disposiciones constituyen el marco técnico de referencia para la ejecución de los estudios, garantizando la estandarización de los procesos, la trazabilidad de la información generada, el control de calidad de los resultados y el cumplimiento de los requisitos técnicos aplicables durante las diferentes etapas del proyecto.

A. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.

Los estudios previos tienen como objetivo proporcionar un conocimiento geológico general del área donde se desarrollará el proyecto, permiten planificar la campaña de exploración y evaluar los factores geológicos – incluidos los riesgos potenciales que puedan influir en la viabilidad de la propuesta del Tramo Irapuato - Guadalajara.

Como parte de las actividades preliminares para el reconocimiento del área de estudio, se realizó una recopilación y análisis bibliográfico que incluyó información sobre la geología regional y local, principales características estructurales, topografía, fisiografía e hidrología. También, se revisaron trabajos de investigación prospectiva tanto superficial como subterránea. Se consultaron fuentes oficiales provenientes de instituciones como el Servicio Geológico Mexicano (SGM), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Así como, documentación básica del proyecto e información del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) relacionada con el análisis de riesgos geológicos, entre otras.

Asimismo, se revisaron y analizaron las cartas Geológico-Mineras a escala 1:250,000 correspondientes a los estados de Jalisco (F13-12), Querétaro (F14-10), así como las cartas a escala 1:50,000 del estado de Jalisco (F13-D89, F13-D88, F13-D79, F13-D78, F13-D77, F13-D76, F13-D75, F13-D68, F13-D67, F13-D66, F13-D59, F13-D58, F13-D57, F13-D56 F13-D49, F13-D48, F13-D47) y Guanajuato (F14-C72, F14-C71, F14-C62, F14-C61, F14-C52, F14-C51, F14-C41, F14-C42).

La información recabada es fundamental para la interpretación y correlación de los datos obtenidos en campo, con el fin de generar los entregables requeridos: el mapa geológico general y de detalle, la sección geológica y el mapa de riesgos geológicos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

a. Elaboración de mapas de riesgos geológicos.

Para la elaboración de los mapas de riesgos geológicos en la zona de interés se descargaron las cartas geológicas 1:250 000 y 1:50 000 de la página del Servicio Geológico Mexicano (SGM); información sobre fallas y fracturas, volcanes, precipitación, climatología, topografía, hidrografía, DEM, uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); metodologías y datos vectoriales del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), datos cuantitativos de registro de epicentros del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Así como, datos poblacionales de la Secretaría de Economía para considerar la densidad de población en las zonas influenciadas por el proyecto ferroviario.

Posteriormente, se procesaron los datos requeridos para cada tipo de riesgo geológico en un Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente en el software ArcGIS mediante herramientas como:

- Reclassify: Herramienta utilizada para la reclasificación de valores ráster mediante la reasignación de rangos o categorías de datos conforme a criterios previamente definidos. En el presente análisis, los resultados obtenidos fueron reclasificados con el propósito de estandarizar su interpretación y facilitar la evaluación espacial del riesgo. Para ello, se establecieron umbrales de clasificación que permitieron agrupar los valores en cuatro niveles de susceptibilidad o riesgo: nulo, bajo, medio y alto, generando una representación temática homogénea que sirve de base para la identificación y priorización de zonas potencialmente afectadas.

- Slope: se utiliza para calcular la pendiente de una superficie a partir de un modelo digital de elevación y ayuda a identificar áreas propensas a deslizamiento de tierra o erosión.

- Densidad de Kernel: se utiliza para calcular la densidad de puntos o líneas en un área determinada, generando un ráster que muestra las concentraciones u ocurrencia de eventos o fenómenos, en este caso se utilizó para determinar la ocurrencia sísmica en el Tramo Irapuato - Guadalajara.

Como base para montar los resultados del análisis de riesgos, a partir de Modelos Digitales de Elevación (MDE) de la zona de estudio descargados del INEGI se obtuvieron mapas de Sombras para representar visualmente el relieve terrestre y resaltar la topografía.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

b. Elaboración de los Mapas geológicos.

La elaboración de un mapa geológico es un proceso meticuloso que combina investigación documental, trabajo de campo y análisis técnico. Los geólogos representan la distribución, naturaleza y relación de las unidades litoestratigráficas en una región determinada. A continuación, se describen los pasos fundamentales para su realización.

El primer paso es la investigación de fuentes existentes. Para el Tramo Irapuato - Guadalajara, se utilizaron las cartas Geológico-Mineras a escala 1:250,000 correspondientes a los estados de Jalisco (F13-12), Querétaro (F14-10), tomadas del SGM y las cartas a escala 1:50,000 del estado de Jalisco (F13-D89, F13-D88, F13-D79, F13-D78, F13-D77, F13-D76, F13-D75, F13-D69, F13-D68, F13-D67, F13-D66, F13-D59, F13-D58, F13-D57, F13-D56 F13-D49, F13-D48, F13-D47) y Guanajuato (F14-C72, F14-C71, F14-C62, F14-C61, F14-C52, F14-C51, F14-C41, F14-C42) tomadas de INEGI. Así mismo, se consultaron bases de datos oficiales, publicaciones científicas y reportes de exploración para entender el contexto geológico del eje ferroviario. El primer paso es la digitalización de los todos los datos recopilados en la bibliografía, ya sea en formato SHAPE, PNG, KML.

Con base a la información recopilada, se diseñó una campaña de verificación geológica donde se incluyeron rutas de exploración que consideraron puntos de verificación y estaciones geomecánicas, mediante coordenadas de referencia, para definir las unidades geológicas que afloran en la zona de influencia del eje ferroviario.

Con la información recopilada en campo, de regreso en gabinete, se realizó la representación cartográfica de las unidades geológicas encontradas mediante en Sistemas de Información Geográfica (SIG’s) que permitieron actualizar los shapes de la litología y estructuras. con la finalidad de obtener una mejor interpretación y cartografía de la exploración Geológica.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. TRABAJO DE CAMPO.

Una vez recopilada y analizada la información bibliográfica, cartográfica y litoestratigráfica, con base en el tipo, calidad, estabilidad de la roca y la morfología, se procedió a preparar el material necesario para el levantamiento de campo, se propusieron puntos estratégicos a visitar, con el fin de optimizar el levantamiento geológico y agilizar las labores de verificación.

Para una mejor organización y caracterización del área de estudio, el Tramo Irapuato – Guadalajara fue zonificado en fusión a la predisposición de ocurrencia, intensidad e interacción de los siguientes riesgos: lineamientos geológicos; inundaciones; sismicidad; suelos expansivos y colapsables; deslizamientos de ladera; y vulcanismo. Además, se contemplaron criterios litológicos, estructurales y geotécnicos relevantes, tales como el tipo de roca, la calidad del macizo rocoso, su estabilidad mecánica y la morfología superficial del terreno. La integración de los elementos mencionados tuvo como finalidad definir zonas con la mayor homogeneidad interna, pero con diferencias significativas entre sí. Bajo este enfoque, y con base en el contexto geológico regional, se determinó que la división del tramo Irapuato – Guadalajara en ocho zonas representa el criterio más adecuado para agrupar coherentemente las unidades geológicas de origen ígneo, sedimentario e hibridas presentes en el área.

Por otro lado, con base en el análisis de riesgos, la zonificación de Tramo Irapuato - Guadalajara y los criterios establecidos en los Términos de Referencia (TdR) se diseñó la campaña de exploración geológica con la finalidad de verificar las litologías de superficie, identificar y caracterizar estructuras geológicas potencialmente activas, así como descartar posibles afectaciones por riesgos al área sobre la que se construirá la plataforma del Tren Pasajeros Irapuato – Guadalajara. En esta campaña se planteó inicialmente la instalación de estaciones geomecánicas aproximadamente cada 5 km. No obstante, debido a la baja proporción de afloramientos disponibles entre zonas urbanas y destinadas a la agricultura de riego, se consideró necesario incluir puntos de verificación intermedios cada 2.5 km, en promedio, con el fin de registrar y comprender mejor los cambios geológicos entre una zona y otra.

El trabajo de campo consistió en el levantamiento de 120 puntos de verificación (codificados de TIG-PV-001 a TIG-PV-120) y 78 estaciones geomecánicas identificadas como TIG-EG-001 a TIG-EG-078 (ver TABLA 2). Asimismo, en el recorrido de campo, se verificó la presencia de cuerpos de agua con escorrentía y cualquier cambio en el relieve previamente identificado a través de imágenes satelitales obtenidas de plataformas digitales.

TABLA 2. RESUMEN DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS Y PUNTOS DE VERIFICACIÓN EJECUTADOS EN LA CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS	PUNTOS DE VERIFICACIÓN
TIG-EG-001 a TIG-EG-078	TIG-PV-001 a TIG-PV-120

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La Ilustración 3, muestra la distribución geográfica de las estaciones geomecánicas y los puntos de verificación, iniciando en la ciudad de Irapuato y finalizando en la ciudad de Guadalajara. Para una visualización con más detalle consultar los planos IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0101, IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0102.

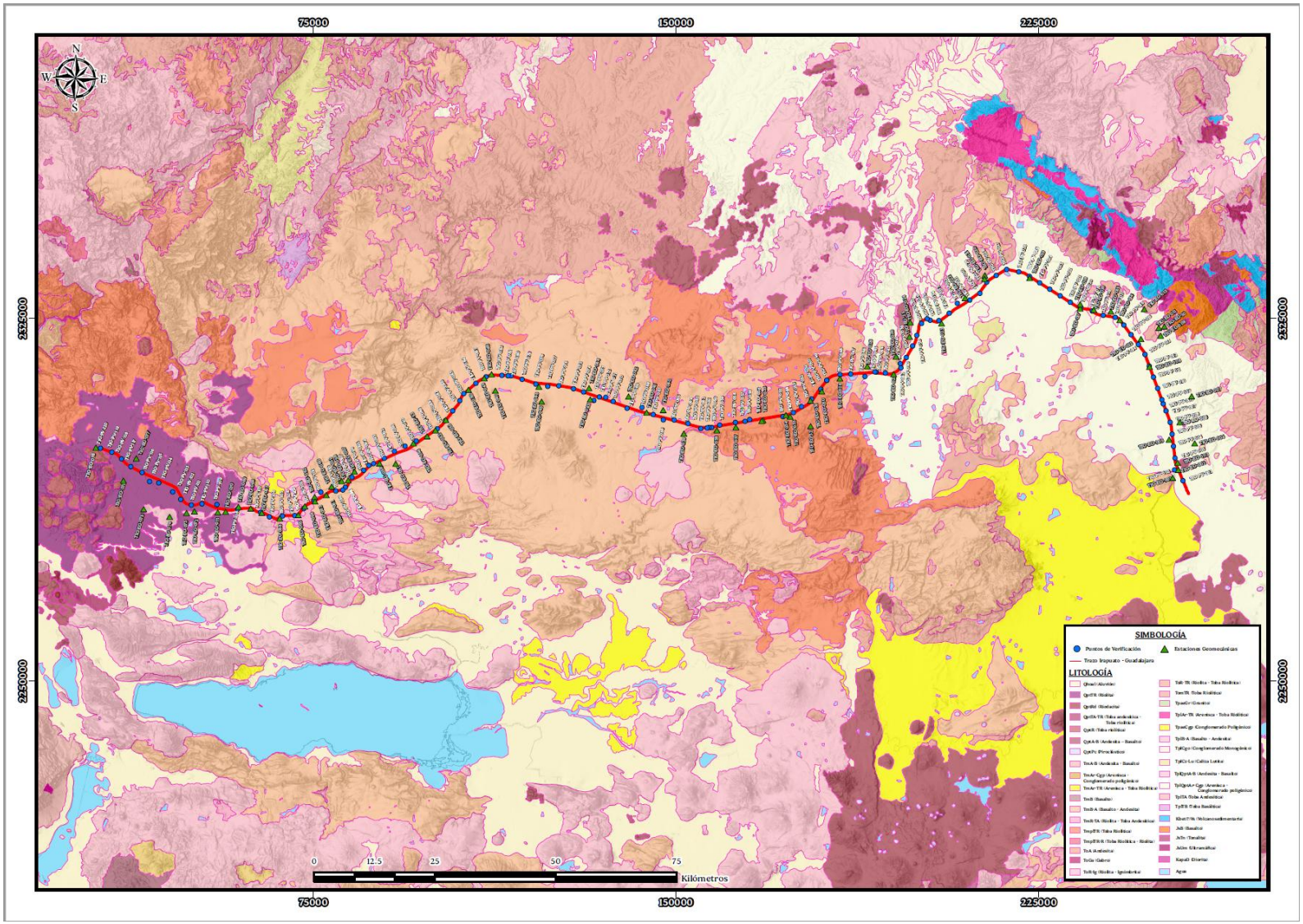


Ilustración 3. Defensa 2026, Distribución de las estaciones geomecánicas y puntos de verificación en el tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La TABLA 3 presenta la codificación (ID) y coordenadas de ubicación para los afloramientos que permitieron la obtención de datos geomecánicos correspondientes al Tramo Irapuato-Guadalajara.

TABLA 3. COORDENADAS DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS DEL TRAMO IRAPUATO – GUADALAJARA.

ID	X	Y	ID	X	Y
TIG-EG-001	252655	2292119	TIG-EG-040	771839	2304636
TIG-EG-002	253813	2293776	TIG-EG-041	768434	2303991
TIG-EG-003	253668	2295249	TIG-EG-042	764582	2307172
TIG-EG-004	257203	2299268	TIG-EG-043	756694	2306268
TIG-EG-005	251912	2300045	TIG-EG-044	753654	2308591
TIG-EG-006	254138	2303640	TIG-EG-045	746672	2305448
TIG-EG-007	256577	2309000	TIG-EG-046	745994	2308513
TIG-EG-008	247864	2315086	TIG-EG-047	737053	2307344
TIG-EG-009	250159	2321543	TIG-EG-048	736131	2310715
TIG-EG-010	250936	2323432	TIG-EG-049	734663	2309828
TIG-EG-011	249758	2323132	TIG-EG-050	731508	2307329
TIG-EG-012	246092	2320850	TIG-EG-051	727052	2300924
TIG-EG-013	241702	2324776	TIG-EG-052	724997	2298716
TIG-EG-014	246769	2327010	TIG-EG-053	723304	2297406
TIG-EG-015	239876	2326522	TIG-EG-054	720540	2295853
TIG-EG-016	236342	2326882	TIG-EG-055	717047	2291504
TIG-EG-017	233507	2327154	TIG-EG-056	713695	2291471
TIG-EG-018	233520	2328050	TIG-EG-057	708599	2289588
TIG-EG-019	223072	2333463	TIG-EG-058	707362	2287728
TIG-EG-020	213812	2333991	TIG-EG-059	706009	2287511
TIG-EG-021	213759	2333269	TIG-EG-060	703997	2286287
TIG-EG-022	209719	2329325	TIG-EG-061	702962	2284514
TIG-EG-023	204866	2324072	TIG-EG-062	700573	2284031
TIG-EG-024	198388	2324290	TIG-EG-063	700687	2283115
TIG-EG-025	198237	2321306	TIG-EG-064	698632	2282019
TIG-EG-026	195438	2317205	TIG-EG-065	697349	2280174
TIG-EG-027	194964	2313572	TIG-EG-066	693543	2279348
TIG-EG-028	189500	2315194	TIG-EG-067	689793	2280345
TIG-EG-029	808104	2312525	TIG-EG-068	687483	2281157
TIG-EG-030	804455	2309706	TIG-EG-069	684934	2281415
TIG-EG-031	802186	2307705	TIG-EG-070	682333	2280295
TIG-EG-032	802423	2302439	TIG-EG-071	680723	2280120
TIG-EG-033	798096	2304271	TIG-EG-072	675892	2280144
TIG-EG-034	797222	2304552	TIG-EG-073	674285	2279749
TIG-EG-035	792535	2303318	TIG-EG-074	670818	2278833
TIG-EG-036	792292	2303177	TIG-EG-075	665417	2280212
TIG-EG-037	786981	2301629	TIG-EG-076	661014	2285933
TIG-EG-038	783087	2300875	TIG-EG-077	663504	2290634
TIG-EG-039	776292	2299939	TIG-EG-078	655097	2292520

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En la TABLA 4 se presenta la codificación (ID) y coordenadas de ubicación de los puntos de verificación, los cuales permitieron identificar el tipo de roca aflorante en el Tramo Irapuato-Guadalajara.

TABLA 4. COORDENADAS DE PUNTOS DE VERIFICACIÓN DEL TRAMO IRAPUATO – GUADALAJARA.

ID	X	Y	ID	X	Y
TIG-PV-001	254778	2291471	TIG-PV-061	781436	2301320
TIG-PV-002	253028	2293704	TIG-PV-062	781052	2301229
TIG-PV-003	253138	2296147	TIG-PV-063	779949	2301007
TIG-PV-004	252817	2298585	TIG-PV-064	777061	2301991
TIG-PV-005	252537	2301093	TIG-PV-065	774191	2302609
TIG-PV-006	252118	2303558	TIG-PV-066	771950	2302550
TIG-PV-007	251267	2305910	TIG-PV-067	769820	2303588
TIG-PV-008	250708	2307366	TIG-PV-068	767447	2304940
TIG-PV-009	250438	2308224	TIG-PV-069	764375	2304660
TIG-PV-010	249554	2310566	TIG-PV-070	761442	2305982
TIG-PV-011	248685	2312895	TIG-PV-071	759879	2306755
TIG-PV-012	247812	2315170	TIG-PV-072	758571	2306781
TIG-PV-013	246934	2317582	TIG-PV-073	757464	2306026
TIG-PV-014	245549	2319648	TIG-PV-074	755278	2307688
TIG-PV-015	244040	2321672	TIG-PV-075	753174	2308274
TIG-PV-016	242557	2323654	TIG-PV-076	750105	2308778
TIG-PV-017	240777	2325267	TIG-PV-077	747837	2308581
TIG-PV-018	238295	2325668	TIG-PV-078	745360	2308940
TIG-PV-019	236027	2326564	TIG-PV-079	742481	2309814
TIG-PV-020	233625	2327125	TIG-PV-080	740199	2310467
TIG-PV-021	231485	2328360	TIG-PV-081	739560	2310466
TIG-PV-022	229381	2329703	TIG-PV-082	738276	2310491
TIG-PV-023	227250	2331060	TIG-PV-083	735024	2310071
TIG-PV-024	225156	2332388	TIG-PV-084	732973	2308649
TIG-PV-025	223053	2333730	TIG-PV-085	730541	2306433
TIG-PV-026	220825	2334666	TIG-PV-086	729788	2304951
TIG-PV-027	218331	2335153	TIG-PV-087	728407	2302785
TIG-PV-028	216156	2333916	TIG-PV-088	726986	2300740
TIG-PV-029	214195	2332528	TIG-PV-089	725370	2298975
TIG-PV-030	212798	2330217	TIG-PV-090	721117	2296298
TIG-PV-031	210686	2328815	TIG-PV-091	718829	2295144
TIG-PV-032	208129	2328142	TIG-PV-092	716678	2294004
TIG-PV-033	206447	2326103	TIG-PV-093	714665	2292490
TIG-PV-034	204311	2324590	TIG-PV-094	712464	2291311
TIG-PV-035	202505	2324656	TIG-PV-095	711510	2290892

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 4. COORDENADAS DE PUNTOS DE VERIFICACIÓN DEL TRAMO IRAPUATO – GUADALAJARA.					
ID	**X**	**Y**	**ID**	**X**	**Y**
TIG-PV-036	201888	2324967	TIG-PV-096	710482	2289823
TIG-PV-037	200736	2323995	TIG-PV-097	708127	2288316
TIG-PV-038	199744	2321529	TIG-PV-098	706843	2286216
TIG-PV-039	198889	2319332	TIG-PV-099	706343	2285625
TIG-PV-040	197583	2316961	TIG-PV-100	704892	2285345
TIG-PV-041	196324	2315696	TIG-PV-101	701820	2285000
TIG-PV-042	196456	2314815	TIG-PV-102	700471	2283252
TIG-PV-043	193250	2313744	TIG-PV-103	698406	2281485
TIG-PV-044	191340	2313952	TIG-PV-104	696636	2279960
TIG-PV-045	191103	2313987	TIG-PV-105	694111	2279783
TIG-PV-046	189019	2313026	TIG-PV-106	691403	2279503
TIG-PV-047	810296	2313464	TIG-PV-107	689548	2280381
TIG-PV-048	808111	2313245	TIG-PV-108	684787	2280866
TIG-PV-049	805421	2311976	TIG-PV-109	680485	2281648
TIG-PV-050	805403	2311998	TIG-PV-110	677401	2281689
TIG-PV-051	804251	2310097	TIG-PV-111	675221	2281346
TIG-PV-052	802406	2308024	TIG-PV-112	672978	2282444
TIG-PV-053	800389	2306340	TIG-PV-113	671273	2283927
TIG-PV-054	798761	2305057	TIG-PV-114	668327	2285673
TIG-PV-055	796639	2304130	TIG-PV-115	666415	2285886
TIG-PV-056	789780	2303276	TIG-PV-116	664806	2287702
TIG-PV-057	788837	2302879	TIG-PV-117	662434	2288816
TIG-PV-058	786860	2302590	TIG-PV-118	660479	2290343
TIG-PV-059	783641	2301906	TIG-PV-119	658415	2291646
TIG-PV-060	781990	2301343	TIG-PV-120	656051	2292377

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

a. Estaciones geomecánicas y Puntos de verificación.

El levantamiento de estaciones geomecánicas y puntos de verificación se llevó a cabo con el apoyo de tres brigadas de geología, cada una conformada por un jefe de campo y un auxiliar técnico. Las brigadas realizaron recorridos a lo largo del tramo Irapuato – Guadalajara, levantando puntos de verificación aproximadamente cada 2.5 km, los cuales son puntos de muestreo representativos para confirmar la presencia de formaciones geológicas, contactos litológicos o estructuras previamente identificadas; así como estaciones geomecánicas con una distancia de aproximadamente 5 km entre cada una ellas, dependiendo de la disponibilidad de afloramientos en el terreno. Adicionalmente, se ejecutaron levantamientos perpendiculares al eje de la vía, en ambos sentidos del Tramo Irapuato - Guadalajara, donde se establecieron puntos de verificación y estaciones geomecánicas a una distancia aproximada de 5 km respecto al eje ferroviario (Ilustración 4).

En cada punto de verificación y estación geomecánica se toman los siguientes datos con una muestra de mano de roca sana:

- Descripción del afloramiento
- Color
- Estructura y textura
- Mineralogía
- Matriz o cementante
- Origen
- Clasificación

En estaciones geomecánicas se obtienen datos como la Resistencia a la Compresión Simple (RCS), Rock Quality Designation (RQD), separación, estado de las discontinuidades y datos estructurales (Rumbo y Echado).



Ilustración 4. Defensa 2026, Muestra el levantamiento de un Punto de verificación del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Para la entrega de resultados, se emplearon tres formatos estandarizados: uno para el registro de puntos de verificación, otro para estaciones geomecánicas y un tercero de carácter fotográfico. El formato correspondiente a los puntos de verificación identificado con el código AIFA-SEP-GGT/PG/PO-001/MA-001/PO-017/FO-001, incluye los siguientes campos: ID, fecha, frente, ubicación del punto de verificación, tipo de roca, tipo de suelo, observaciones, datos estructurales azimutales, croquis y descripción geológica. En la Ilustración 5 se muestra el formato de campo.

Defensa
Secretaría de la Defensa Nacional

CÓDIGO:	AIFA-SEP-GGG/PG/PO-001/MA-001/PO-017/FO-001
REVISIÓN:	01
FECHA:	03/03/2026
PÁGINA:	1 de 1

"REPORTE PARA LA DESCRIPCIÓN DE PUNTOS DE VERIFICACIÓN"

TRAMO "XXX", FRENTE "XXX"

ID	Realizado por	Cadenamiento	Fecha	Localidad

COORDENADAS UTM ZONA XXX	Tipo de roca	Ígnea	Metamórfica	Sedimentaria	
X:	Tipo de suelo	Arcillas	Limos	Arenas	Gravas
Y :	Observaciones:				
Z:					

Croquis	Datos Estructurales Azimutales		
	Tipo de estructura	Rumbo	Echado

PUNTO DE VERIFICACIÓN

FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y/O LITOLÓGICA

REALIZÓ
NOMBRE Y FIRMA

REVISÓ
NOMBRE Y FIRMA

Ilustración 5. Defensa 2026, Formato de campo para el levantamiento de Puntos de verificación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Por otro lado, el formato correspondiente a las estaciones geomecánicas identificado con el código AIFA-SEP-GGT/PG/PO-001/MA-001/PO-017/FO-002, incluye los siguientes campos: ID, fecha, coordenadas UTM, elevación, y parámetros geotécnicos tales como RCS, RQD, separación, persistencia, apertura, rugosidad, relleno, grado de alteración y presencia de agua (Identificable mediante manipulación en muestra de mano). Asimismo, se incluyen campos adicionales como la ubicación, datos estructurales, descripción geológica, fotografía, esquema, conclusiones y recomendaciones (Ilustración 6).

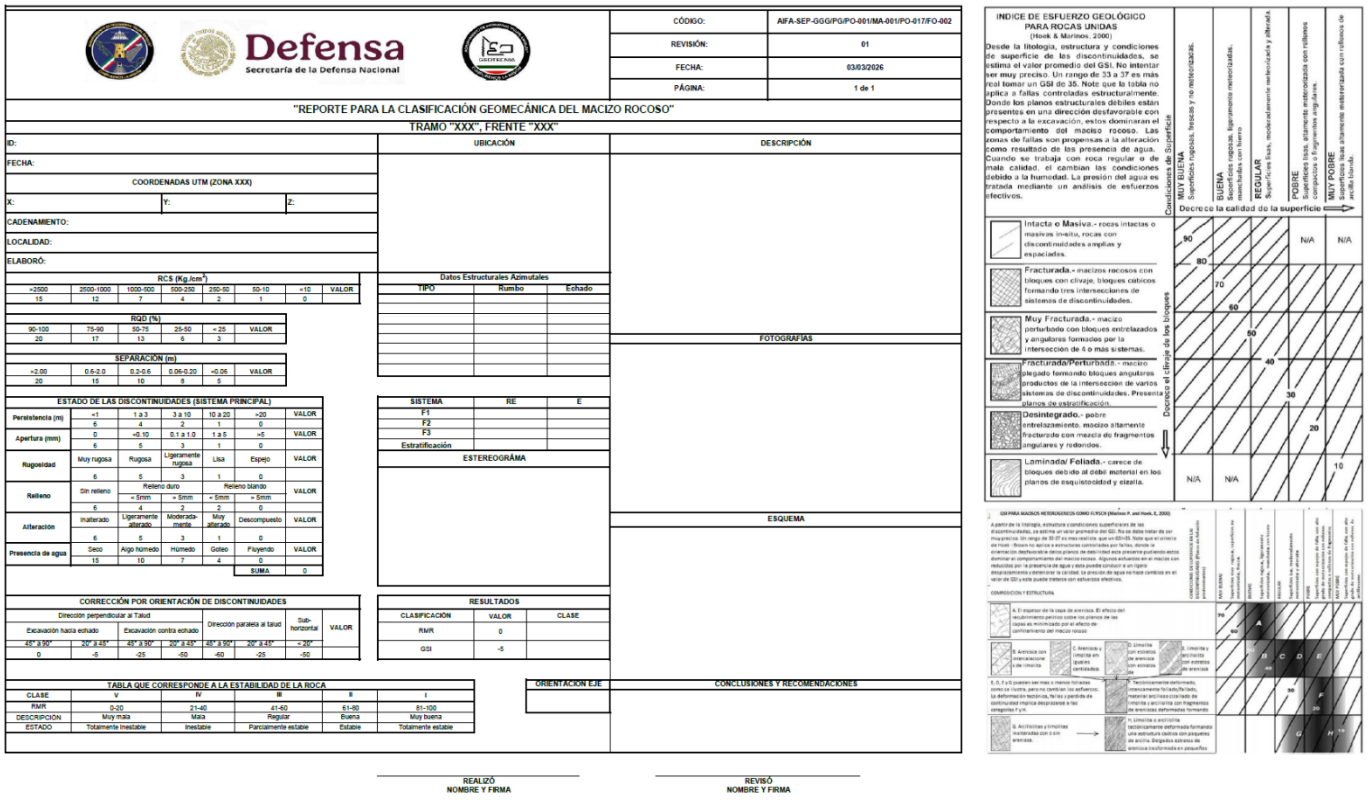
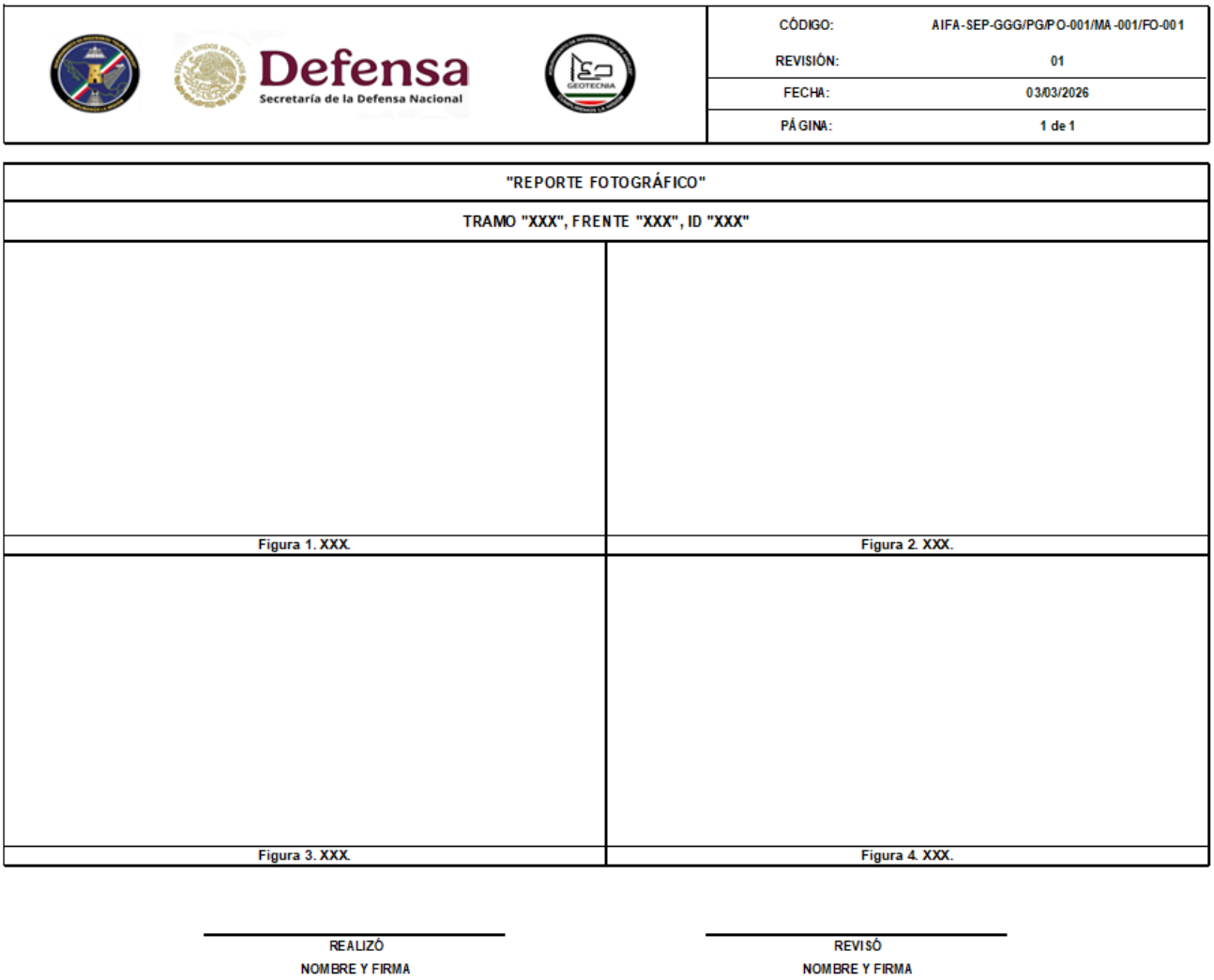


Ilustración 6. Defensa 2026, Formato utilizado para las estaciones geomecánicas, a partir del cual se determinan los valores de RMR y GSI, fundamentales para la caracterización de la calidad del macizo rocoso.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Asimismo, se adjunta un reporte fotográfico por cada estación geomecánica y punto de verificación, en el cual se documentan los aspectos más relevantes observados en cada punto (Ilustración 7). Dicho reporte se encuentra identificado con el código AIFA/SEP/GGT/PG/PO-001/MA-001/FO-001.



CÓDIGO:	AIFA-SEP-GGG/PG/PO-001/MA-001/FO-001
REVISIÓN:	01
FECHA:	03/03/2026
PÁGINA:	1 de 1

"REPORTE FOTOGRÁFICO"

TRAMO "XXX", FRENTE "XXX", ID "XXX"

Figura 1. XXX.	Figura 2. XXX.
Figura 3. XXX.	Figura 4. XXX.

REALIZÓ
NOMBRE Y FIRMA

REVISÓ
NOMBRE Y FIRMA

Ilustración 7. Defensa 2026, Reporte fotográfico utilizado para cada estación geomecánica y punto de verificación del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En el caso de las estaciones geomecánicas, la clasificación se basó principalmente en la presencia afloramientos rocosos que permitieran definir estructuras geológicas relevantes, considerando aspectos como la tectónica, el tipo de roca, el tamaño de grano, el color, entre otro parámetros litológicos y estructurales.

Para los puntos de verificación, el enfoque estuvo orientado a la clasificación general del tipo de material, determinando si se trataba de roca ígnea, metamórfica, o sedimentaria, o bien si correspondía a suelo, clasificándolo como arena, limo o arcilla. Adicionalmente, se evaluaron otras características del material, tales como el color, el tamaño de grano, la presencia de materia orgánica, el grado de humedad, el nivel de compactación, afectaciones geológicas a la vía y la presencia de cuerpos de agua estancada. Es importante referir que estos parámetros al igual que la litología se determinan mediante la descripción de características macroscópicas y microscópicas (lupa de geólogo). Esto con la finalidad de determinar si se cuenta en el sitio muestreado con basamento rocoso o bien con suelos, estos últimos se identifican por la característica de disgregación y nula presencia de minerales formadores de roca.

La Ilustración 8 muestra la toma de datos estructurales y verificación de las unidades litológicas en una estación geomecánica.



Ilustración 8. Defensa 2026, Muestra la toma de datos estructurales (Rumbo y Echado) de una estación geomecánica.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La Ilustración 9 presenta uno de los afloramientos evaluados, en el cual se tomaron datos estructurales (rumbo y echado) de las familias de discontinuidades dominantes del macizo rocoso. Asimismo, se realizó un análisis geomecánico donde se registraron las características relevantes de dichas discontinuidades: separación, persistencia, rugosidad, tipo de relleno, grado de alteración y presencia de agua.



Ilustración 9. Defensa 2026, Afloramiento en el cual se tomaron datos estructurales (Rumbo y Echado) de las familias de discontinuidades más representativas.

Para cada estación geomecánica identificada en el tramo Irapuato – Guadalajara, se emplearon dos sistemas de clasificación geomecánica que evalúan la calidad de los macizos rocosos, pero con enfoques diferentes: el sistema de clasificación geomecánico RMR (Rock Mass Rating) y GSI (Geological Strength Index), los cuales se describen a continuación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Sistema de clasificación geomecánico RMR.

Esta es una clasificación geomecánica de un macizo rocoso independiente de un factor de corrección in situ. Fue propuesto en el año de 1973 a partir de la estimación de ocho parámetros iniciales y modificada en los años posteriores 1976, 1979, 1984 y 1989. En esta última, los valores se mantienen, pero la evaluación de las discontinuidades subhorizontales fue modificada.

La versión propuesta por su autor considera la resistencia de la matriz rocosa, el índice RQD, condición de las discontinuidades y parámetros hidrogeológicos, (Bieniawski, 1989) mediante la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$RMR = P(RCS) + P(RQD) + P(s) + P(JC) + P(WC) + P(OJ)$$

Donde:

- P (RCS) Resistencia de la roca.
- P (RQD) Rock Quality Designation.
- P (S) Separación de discontinuidades.
- P (JC) Condición de discontinuidades.
- P (WC) Condiciones hidrológicas.
- P (OJ) Ajuste por orientación de las juntas.

En conjunto el efecto de los parámetros geomecánicos sobre el comportamiento del macizo rocoso se expresa mediante el índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), que varía de 0 a 100 y expresa la calidad de la roca para su uso en obras de ingeniería civil (Bieniawski, 1989). Con base en la suma obtenida con la fórmula para obtener el RMR, se establece la clasificación de la TABLA 5.

TABLA 5. CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO MEDIANTE RMR.

CLASE	V	IV	III	II	I
RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
DESCRIPCIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy Buena
ESTADO	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Los parámetros para realizar esta evaluación se describen brevemente a continuación:

Resistencia a compresión simple.

Es la medida por el ensayo de compresión simple o de carga puntual, para el caso de levantamiento en campo se realizó en función del golpe del martillo geológico a la masa rocosa, de tal forma que la resistencia que opone a ser fracturada se determinó en función de la descripción de la ISRM (International Society for Rock Mechanics, 1981) ver TABLA 6.

TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS Y ROCAS A PARTIR DE ÍNDICES DE CAMPO.

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	RANGO APROX. DE COMPRESIÓN SIMPLE (KG/cm^2)
S_1	Arcilla muy blanda.	El puño penetra fácilmente varios cm.	<0.25
S_2	Arcilla débil.	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0.25 a 0.50
S_3	Arcilla firme.	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0.50 a 1.00
S_4	Arcilla rígida.	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	1.00 a 2.50
S_5	Arcilla muy rígida.	Con cierta presión puede marcarse la uña.	2.50 a 5.00
S_6	Arcilla dura.	Se marca con dificultad al presionar la uña.	>5.00
R_o	Roca extremadamente blanda.	Se puede marcar con la uña.	2.5 a 10
R_1	Roca muy blanda.	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	10 a 50
R_2	Roca blanda.	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	50 a 250
R_3	Roca moderadamente dura.	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	250 a 500
R_4	Roca dura.	Se requiere más de un golpe fuerte con el martillo para fracturarse.	500 a 1000
R_5	Roca muy dura.	Se requieren muchos golpes fuertes del martillo para poder fracturarse.	1000 a 2500
R_6	Roca extremadamente dura.	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	>2500

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

De acuerdo con el rango determinado en campo para la resistencia a la compresión simple se obtiene el valor en puntos RMR con los valores postulados por (Bieniawski, 1989) ver TABLA 7.

TABLA 7. VALOR EN PUNTOS RMR DE ACUERDO CON EL RANGO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.

Valor Kg/cm^2	>2500	2500-1000	1000-500	500-250	250-50	50-10	<10
Puntos RMR	15	12	7	4	2	1	0

RQD: Rock Quality Designation (Índice de calidad de la roca).

El índice RQD (Rock Quality Designation) es un parámetro utilizado para evaluar el grado de fracturamiento de un macizo rocoso y, por consiguiente, estimar su calidad estructural. Este índice permite clasificar la roca en función de la frecuencia y distribución de las discontinuidades presentes en el macizo.

La descripción de la fracturación del macizo rocoso puede llevarse a cabo a través del número de discontinuidades que afectan al macizo, del tamaño de los bloques, de la densidad de discontinuidades o del espaciado medio entre discontinuidades.

El RQD es un parámetro cuya obtención se definió originalmente a partir de testigos de sondeos como el porcentaje de fragmentos recuperados mayores de 10 cm sobre la longitud de la maniobra. Sin embargo, existen otras metodologías alternativas para estimar su valor directamente en afloramientos sin necesidad de realizar sondeos.

Se han definido índices que permiten determinar la frecuencia de las discontinuidades de los macizos rocosos. El procedimiento más útil es el que registra el número de discontinuidades o la longitud de las trazas de las mismas presentes en los afloramientos. Para determinar el valor de la frecuencia lineal, es decir, el número de juntas por unidad de longitud de macizo, se deberá trazar una línea imaginaria de registro (scanline) en el afloramiento del macizo rocoso que se está investigando como en la Ilustración 10.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Esta línea será generalmente recta; se contabilizará el número total de juntas existentes y se dividirá entre la longitud total de la línea de registro. (Ver Ilustración 10) (Jordá Bordehore, et al., 2016).

Asimismo, el cálculo del RQD puede realizarse en función del número de fisuras por metro lineal,

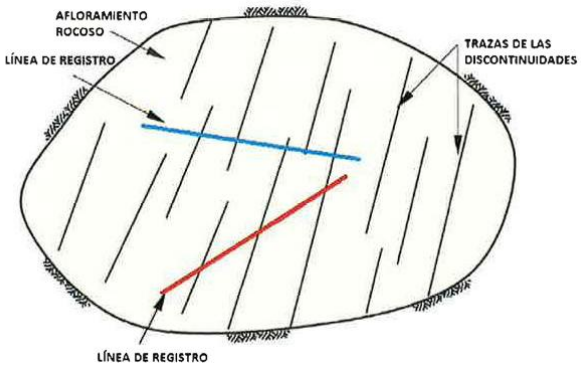


Ilustración 10. Jordá Bordehore y otros 2016, Líneas de registro en un afloramiento rocoso. La línea roja proporcionará un valor promedio y la azul un valor máximo.

determinadas durante el levantamiento litológico-estructural en el área o zona predeterminada de la excavación, mediante la siguiente ecuación (Priest & Hudson, 1976):

Ecuación 2

$$RQD = 100e^{(-0.1)(\lambda)}((0.1 * \lambda) + 1)$$

Donde:

- $\lambda = \frac{Numero\ de\ fisuras}{longitud\ de\ linea}$

También es posible calcular el RQD en función del número de fisuras por metro cúbico (Jv = Joint Volumetric number), determinadas durante el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área o zona excavada, utilizando la siguiente ecuación postulada por (Palmström, 1974):

Ecuación 3

$$RQD = 115-(3.3)\ Jv$$

Dónde: Jv = número de fisuras por metro cúbico

El Jv se calcula sumando el número de fisuras por metro que corten de manera independiente a cada uno de los 3 ejes de un cubo imaginario en el cuerpo rocoso. No se debe contar una fisura en más de un eje, por ejemplo, si una fisura corta al eje “x” y al eje “y”, la contaremos bien en el eje “x” o en el eje “y” pero no en ambos.

Para tener una mayor precisión, mediremos una longitud adecuada en cada eje y luego hallaremos el número de fisuras en un solo metro, haciendo una regla de tres simple.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Una vez obtenido el valor del parámetro RQD por cualquiera de los tres procedimientos se compara el rango con la TABLA 8.

TABLA 8. VALOR EN PUNTOS RMR DE ACUERDO CON EL RQD.

RQD	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
Puntos RMR	20	17	13	6	3

Separación de discontinuidades

El valor se determina midiendo la distancia en metros entre discontinuidades de la misma familia, de acuerdo con el valor obtenido se utiliza la TABLA 9 para determinar los puntos RMR.

TABLA 9. VALOR EN PUNTOS RMR PARA EL PARÁMETRO SEPARACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.

SEPARACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.	>2	0.6 – 2.0	0.2 – 0.6	0.06 – 0.2	<0.06
Puntos RMR	20	15	10	8	5

Estado de las discontinuidades.

- Longitud de las discontinuidades: Mide la longitud de las discontinuidades en el macizo rocoso.
- Abertura: referida a la separación entre las paredes de las fracturas que se pueden medir.
- Rugosidad: Mide la aspereza de las paredes de las fracturas o discontinuidades en el macizo rocoso, influye en la resistencia al corte de la discontinuidad.
- Relleno: se divide en dos, si la discontinuidad presenta relleno blando o duro, o bien está cerrada, de ser relleno el que se observe, se deberá especificar qué tipo de relleno es, describiendo si es arcilla, limos, arenas, minerales o roca triturada.

Este parámetro permite puntuar el estado de las discontinuidades a través de su persistencia o longitud, abertura, rugosidad, presencia de relleno y alteración. Los valores para el estado de las discontinuidades se presentan en la TABLA 10.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 10. VALOR EN PUNTOS RMR PARA EL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES SEGÚN LAS OBSERVACIONES DE CAMPO.					
PERSISTENCIA (M)	<1	1 a 3	3 a 10	10 a 20	>20
PUNTOS RMR	6	4	2	1	0
APERTURA (MM)	0	<0.10	0.1 a 1.0	1 a 5	>5
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Espejo
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
RELLENO	Sin relleno	Relleno duro		Relleno blando	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
PUNTOS RMR	6	4	2	2	0
ALTERACIÓN.	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterado	Descompuesto
PUNTOS RMR	6	5	3	1	0
PRESENCIA DE AGUA.	Seco	Algo Húmedo	Húmedo	Goteo	Fluyendo
PUNTOS RMR	15	10	7	4	0

Alteración

La alteración de las paredes de las discontinuidades se refiere al grado de alteración de éstas con respecto a la matriz de la roca (ver TABLA 10).

Presencia de agua

Mide las filtraciones de agua en el macizo, el flujo de agua y la humedad presente en las discontinuidades, la TABLA 10 muestra los valores que se utilizaron para la presencia de agua.

Toma de datos estructurales

La toma de datos estructurales se realiza utilizando el criterio rumbo de echado/echado (RE/R). El rumbo se determina midiendo con la brújula la dirección de una línea horizontal sobre la superficie de la estructura geológica. El echado se obtiene midiendo, con el clinómetro de la brújula, la inclinación de la superficie tomada perpendicularmente a la dirección del rumbo. En la Ilustración 11, se observa la identificación del macizo rocoso para su posterior evaluación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



Ilustración 11. Defensa 2026, Trabajos de ejecución en macizo rocoso para determinar datos estructurales como rumbo y echado (estación geomecánica (TIG-EG-028).

2. Sistema de clasificación geomecánico GSI.

El índice de resistencia geológica (GSI) o método de clasificación GSI es un sistema diseñado para caracterizar las propiedades geomecánicas de los macizos rocosos mediante la fácil identificación y evaluación visual de sus propiedades geológicas en campo (Marinos, et al., 2005). El método GSI fue desarrollado para estimar las propiedades intactas de la roca, especialmente en aquellos casos donde la calidad es baja, con un RMR menor a 20. Para esta caracterización, se emplea la carta mostrada en la Ilustración 12 tomada del "Geological Strength Index (GSI) de Hoek, Kaiser & Bawden (1995).

Las observaciones se basan en la apreciación del macizo a nivel estructural y de las condiciones presentes en su superficie (discontinuidades). El criterio considera el nivel de alteración y meteorización de las rocas, su historia geológica y condiciones de formación, el estado de fracturación presente y la disposición de las juntas o discontinuidades. El índice GSI tiene valores que oscilan entre 1 y 100, donde los valores más bajos corresponden a macizos de baja calidad, visiblemente meteorizados y muy fracturados, con juntas que presentan rellenos de arcilla blanda. Por el contrario, un macizo rocoso poco fracturado, con superficies limpias de arcilla, tendrá una mayor puntuación y calidad.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La determinación del GSI se realiza mediante una tabla que se ingresa desde dos puntos de vista distintos: horizontal y vertical. El primero se refiere a la estructura y composición de las rocas, evaluando el tamaño y la trabazón de los bloques entre sí, mientras que, el segundo se refiere a las características de las discontinuidades. Al combinar ambos puntos de vista, se converge en un punto medio diagonal que proporciona el valor del índice. A continuación, en la Ilustración 12 se presenta la gráfica de caracterización del macizo rocoso, adaptada de Marinos, Marinos & Hoek (2005).



Ilustración 12. Marinos y otros 2005, Evaluación de GSI, describe las características del macizo rocoso en función del fracturamiento ya sea muy severo o roca masiva.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

C. TRABAJO DE GABINETE.

Al concluir las actividades de campo, da inicio a la fase de gabinete, la cual comprende el procesamiento, depuración, validación e interpretación de los datos adquiridos durante la campaña de exploración geológica. En esta etapa, la información recolectada se somete a un análisis integral, orientado a su sistematización dentro de los distintos capítulos que conforman el informe geológico. De manera paralela, se desarrollan los productos cartográficos asociados, tales como mapas geológicos, análisis y zonificación de riesgos, así como los perfiles del terreno, que en conjunto constituyen herramientas fundamentales para la interpretación espacial de las condiciones del terreno. Dichos productos se elaboran mediante la integración de capas temáticas, análisis topográficos y la georreferenciación precisa de los datos obtenidos en campo.

En lo que respecta al análisis estructural, los datos de las diversas estructuras geológicas (estratificación, pseudoestratificación, fallas, lineamientos, fracturas, etc.) se evalúan con el propósito de identificar tendencias preferenciales en las direcciones que permitan establecer familias estructurales. Este proceso implica la aplicación de métodos estadísticos y gráficos, tales como la generación de estereogramas en proyección estereográfica (hemisferio inferior) y diagramas de roseta, que permiten graficar los datos y visualizar la orientación preferencial de discontinuidades. Para ello, se emplean Sistemas de Información Geográfica (SIG) y software especializado, como Google Earth, ArcGIS Pro y StereoNet, que facilitan la manipulación, el análisis espacial y la representación gráfica de los datos.

Los registros y reportes fotográficos de las estaciones geomecánicas y los puntos de verificación levantados durante los recorridos de campo son la evidencia de los datos recolectados in situ, representan evidencia visual y respaldo técnico, un registro iconográfico que permite correlacionar coordenadas y descripciones correspondientes, fortaleciendo la trazabilidad y confiabilidad de los datos. Mientras que, la base de datos es fundamental para el análisis estadístico y la actualización de la cartografía geológica.

La disponibilidad de materiales para la construcción en las cercanías del Tramo Irapuato - Guadalajara que puedan ser aprovechables para rellenos, terraplenes y/o estructura de pavimentos, concretos, mezclas asfálticas, etc., se analiza en el informe de Banco de materiales, donde se incluye el desarrollo de planos y anexos asociados. Los documentos contienen datos técnicos de los bancos que se encuentran en un radio de 10 Km con respecto al eje del trazo, es decir, las características del sitio, el tipo de material de acuerdo con las necesidades del proyecto, su viabilidad, volumetría aprovechable, de despalme y de desperdicio. La información derivada de esta evaluación se organiza en formatos estandarizados, análogos a los utilizados para las estaciones geomecánicas, lo que permite una comparación sistemática y facilita la toma de decisiones en relación con el aprovechamiento de recursos materiales para el desarrollo del proyecto.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

IX. MARCO FÍSICO REGIONAL.

A. FISIOGRAFÍA.

La gran diversidad de formas que presenta el relieve de México, hace que sea uno de los países del mundo con mayor número de características y variedades topográficas contrastantes y heterogéneas, y poseedor de un gran potencial en recursos naturales. Las diversas conformaciones topográficas desempeñan un papel importante en las actividades económicas y sociales del país, puesto que influyen en las características climáticas, en el tipo de suelos y en la vegetación (INEGI, 2003).

Existen varias clasificaciones del territorio mexicano en grandes unidades, realizadas por criterios geomorfológicos principalmente, a las que se les ha denominado provincias fisiográficas (Ilustración 13). Para el caso del territorio mexicano, las formas del relieve de mayores dimensiones son los sistemas montañosos, las grandes altiplanicies y las tierras bajas (Lugo, Hubp & Córdova, 1991).

El trazado ferroviario atraviesa principalmente la FVTM (Franja Volcánica Transmexicana), que colinda al Norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa del Centro, la Sierra Madre Oriental, y la Llanura Costera del Golfo Norte; al Sur con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur (ver Ilustración 13). Por el Oeste llega al Océano Pacífico y por el Este hasta el Golfo de México (INEGI, 1992). Esta comprende parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Distrito Federal, Hidalgo; Puebla, y Veracruz (Secretaría de la Defensa Nacional [Defensa], 2019).

La FVTM, que es una franja volcánica del Cenozoico (Morán-Zenteno, 1984), desarrollándose en el Pleistoceno Tardío – Holoceno, debido a la subducción de la placa de Cocos bajo el continente (Secretaría de Seguridad Pública, 2023). La FVTM, cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del paralelo 20 (Morán-Zenteno, 1984) y está formada por cadenas montañosas de origen volcánico, con gran variedad de rocas que varían de basálticas a riolíticas, producto de eventos lávicos y piroclásticos, (Defensa, 2019). Las geoformas presentan edades que varían desde inicios del Neógeno al reciente. La integran grandes sierras volcánicas, extensas coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arena y ceniza (Defensa, 2019).

Dentro de la FVTM se encuentran varios volcanes, con diferentes dimensiones, la mayoría extintos o inactivos, entre los más destacados, atravesando de Este a Oeste, se encuentra una cadena de estratovolcanes como el Tancítaro, Xinantécatl (Nevado de Toluca), Iztaccíhuatl, Matlalcuéyetl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), (García- Palomo, et al., 2002).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Sin embargo, en la misma región sobresalen volcanes activos, como el Popocatépetl, que se ha manifestado mediante actividad sísmica y fumarólica, presentando una transición de una fase moderada a una etapa con numerosos episodios explosivos; y el volcán Colima, que ha experimentado eventos de intensa actividad en los últimos años (García- Palomo, et al., 2002).

El volcán Colima se localiza en el sector Sur-Occidental del país, y es considerado, junto con el Popocatépetl, como los dos volcanes más activos de México.

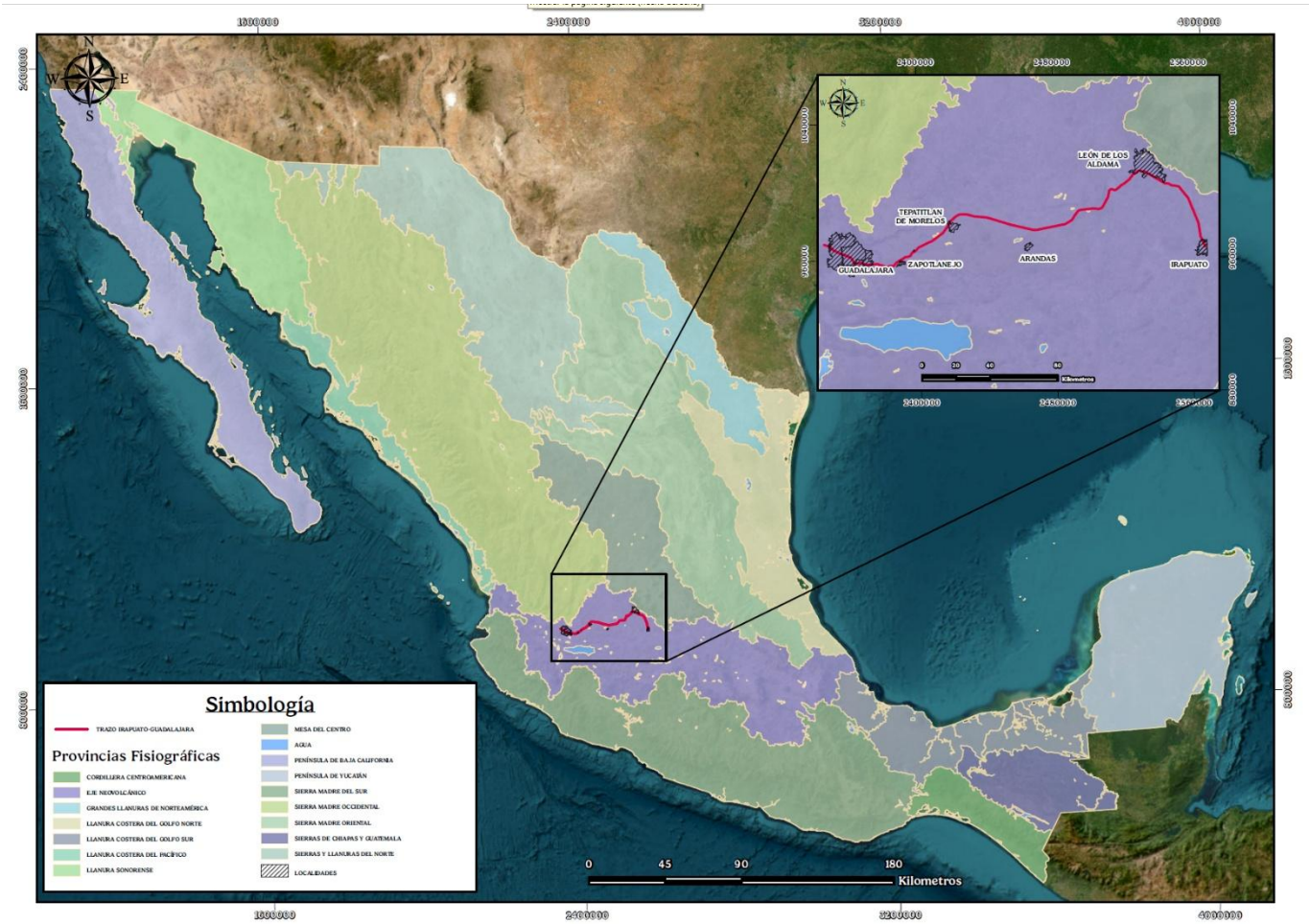


Ilustración 13. Defensa 2026, Mapa de las provincias fisiográficas, y localización del tramo del Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara.

A su vez, las provincias fisiográficas se subdividen en subprovincias, las cuales engloban rasgos más específicos en cuanto al relieve, origen y procesos geomorfológicos (ver Ilustración 14).

La Subprovincia Bajío Guanajuatense se caracteriza porque en ella predominan derrames basálticos, numerosos volcanes y lagos, cuya morfología, orientación y distribución sugieren que representan fosas tectónicas, por lo que, se le conoce con el nombre de Zona de Fosas Tectónicas, presenta llanuras de aluviones profundos y lomeríos asociados a mesetas (CONAGUA, 2024).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La mayor parte de la Subprovincia Altos de Jaliscos se ubica dentro del estado de Jalisco, aunque pequeñas porciones se localizan en el estado de Zacatecas y Aguascalientes, y una porción mayor en Guanajuato; se caracteriza por amplias mesetas de origen lávico y presenta mayor densidad de topoformas degradativas, generadas por disección hídrica y abundancia de valles profundos (CONAGUA, 2024).

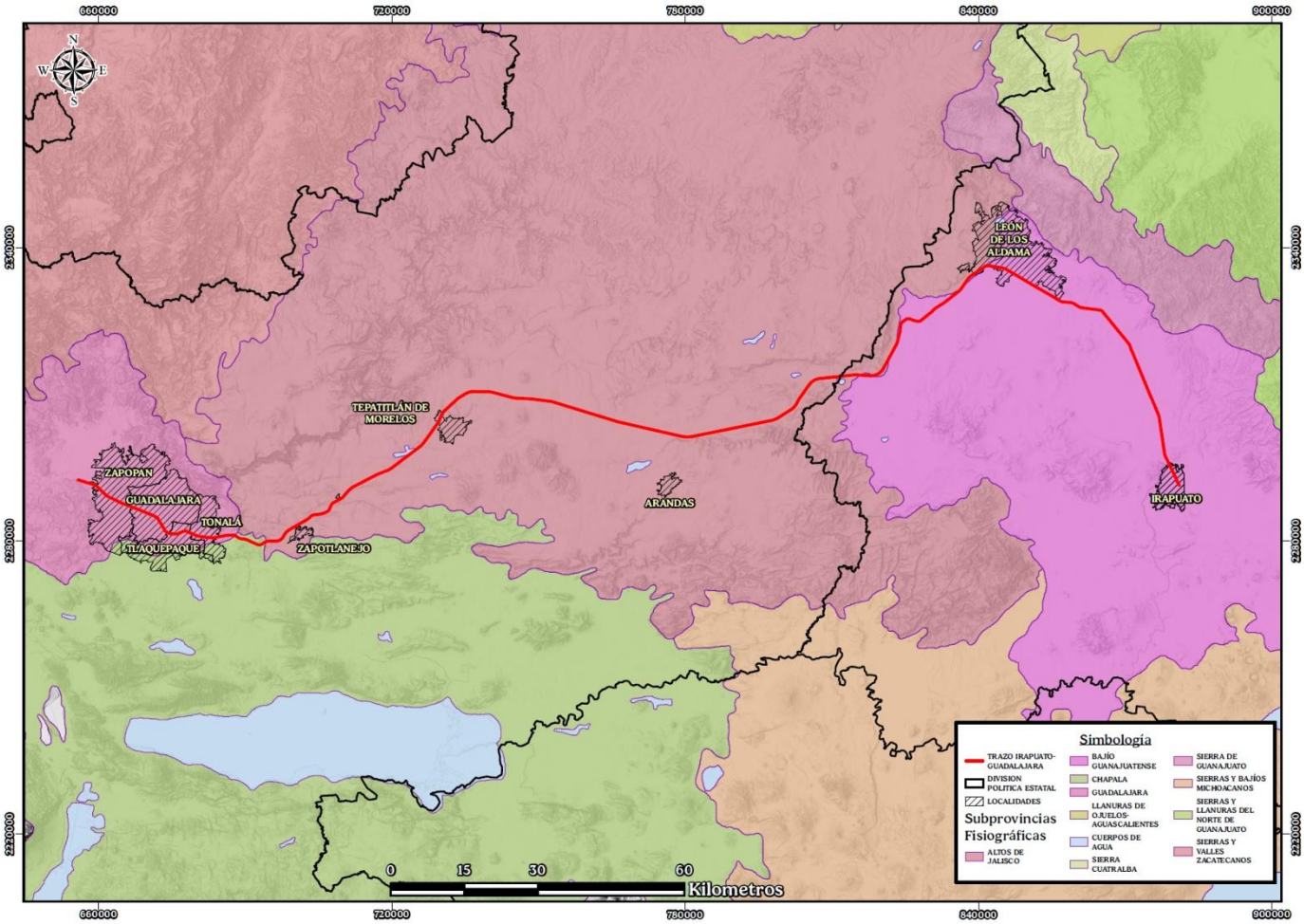


Ilustración 14. Defensa 2026, Mapa de las Subprovincias fisiográficas del tramo Irapuato – Guadalajara.

B. HIDROGRAFÍA.

La totalidad del tramo Irapuato – Guadalajara cae en la Región Hidrológica número 12 (RH-12) Río Lerma – Santiago (ver Ilustración 15), una cuenca endorreica ubicada al centro y occidente de la República Mexicana, colinda al Norte con la RH-11 Presidio – San Pedro y la RH-36 Nazas Aguanaval, al Este, con la RH-37 El Salado y la RH-26 Panuco, al Sur con la RH-18 Balsas y la RH-16 Armería - Coahuayana, y al Oeste con la RH-14 Río Ameca y la RH-13 Huicicila (INEGI, 2003), y se divide en 5 subcuencas: 1) Bajo Lerma, Alto Lerma, Medio Lerma, La Laja; 2)Río Alto Santiago, Río Bajo Santiago; 3)Bajo Lerma; 4)Medio Lerma y 5)Alto Lerma (CONABIO, 2007). Es drenada por una serie de corrientes perennes y subcolectores intermitentes que presentan un patrón de drenaje dendrítico, y en algunos aparatos volcánicos la red hídrica es radial; su dirección de escurrimiento es de Sureste a Noroeste (INEGI, 2001). La RH-12 tiene una extensión territorial continental de 132,916 km^2, una precipitación normal anual de 717 mm (CONAGUA, 2015).

Los colectores principales son los ríos: Lerma, Grande de Santiago, Verde, Juchipila, Bolaños y Huaynamota, así como, el lago de Chapala. El Río Lerma constituye uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país, recorre un total de 1180 km desde su origen en una laguna ubicada en el municipio de Almoloya del Río, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, sin incluir el paso por las aguas del Lago de Chapala. De esta extensión, 60% corresponde al río Lerma y 40% al río Santiago (INEGI, 2001). Alrededor del tramo, a 1,000 m a la redonda se encuentran 927 pequeños cuerpos de agua registrados por (CONABIO, 2022).

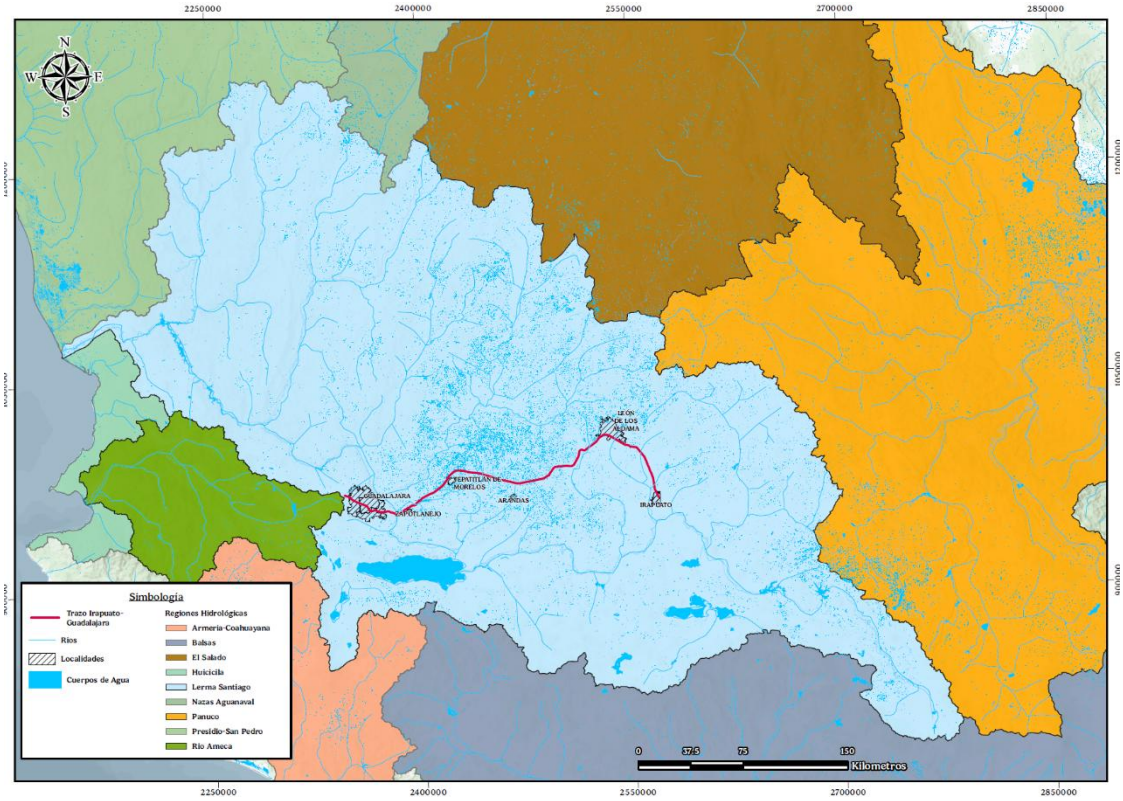


Ilustración 15. Defensa 2026, Mapa de las regiones hidrológicas del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

C. EDAFOLOGÍA, USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.

Tomando en cuenta un análisis edafológico, de uso de suelo y vegetación a 1 km a la redonda del Tramo Irapuato - Guadalajara se obtuvo la siguiente información:

El estudio edafológico, que aborda la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno, del Instituto Nacional de Geografía e Historia (CONABIO, 2001), arrojó 17 tipos de uso de suelo en la zona, en el territorio de interés delimitado. Sumando un 70.28% en total de uso de suelo, el tipo de suelo que predomina con mayor porcentaje es el Asentamientos Humanos de 20.29% de, 16.66% de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, 11.59% con vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural, 10.87% cuerpos de agua y 10.87% de agricultura de riego anual y semipermanente.

TABLA 11. % DE LOS DIVERSOS TIPOS DE SUELO EN EL TRAMO IRAPUATO - GUADALAJARA SEGÚN CONABIO, 2001.

TIPO DE SUELO	ÁREA M²	% DE COBERTURA EN EL ÁREA
CASTAÑOZEM	20,626	0.004
LEPTOSOL	1,062,280	0,19
POBLADO/CUERPO DE AGUA	22,220,779	3.89
REGOSOL	53,886,837	9.43
PLANOSOL	98,223,824	17.18
LUVISOL	108,403,464	18.96
FEOZEM	140,834,293	24.63
VERTISOL	147,044,183	25.72
		AREA TOTAL: **571.70 km²**

En cuanto al tipo de suelo, predominan ocho en la zona de interés del Tramo Irapuato - Guadalajara y alrededores, con mayor porcentaje de cobertura está el suelo Vertisol, con un 25.72% del total del área de análisis, seguido en porcentaje de abundancia con 24.63% el Feozem, 18.96% de Luvisol, 17.18% de Planosol, 9.43% de Regosol, 3.89% corresponden a poblados y cuerpos de agua, 0.19% de Litosol y finalmente el tipo de suelo Castañozem presenta la menor cobertura en la zona de análisis con un 0.004%. (TABLA 11).

Los Leptosoles (del griego leptos, delgado), que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo. Son los suelos de mayor distribución a nivel mundial (1,655 millones de hectáreas; (IUSS Working Group, 2007), y están asociados a sitios de compleja orografía, lo que explica su amplia distribución en México.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Estos suelos se encuentran en todos los tipos climáticos (secos, templados, húmedos), y son particularmente comunes en las zonas montañosas y en planicies calizas superficiales, como las de la Península de Yucatán. Su potencial agrícola está limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad, lo que los hace difíciles de trabajar. Aunado a ello, el calcio que contienen puede inmovilizar los nutrientes minerales, por lo que su uso agrícola es limitado si no se utilizan técnicas apropiadas, por ello, es preferible mantenerlos con la vegetación original. son comunes en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, las Penínsulas de Yucatán y Baja California y una vasta región del Desierto Chihuahuense. Particularmente, en la Península de Yucatán, los Leptosoles tienen una capa superficial rica en materia orgánica, pero también pueden presentar problemas de manejo agrícola por la escasa retención de humedad debido a lo somero del suelo y alta cantidad de afloramientos rocosos.

Los Feozem o Phaeozem (del griego phaios, oscuro y del ruso zemlja, tierra) también se forman sobre material no consolidado. Se encuentran en climas templados y húmedos con vegetación natural de pastos altos o bosques. Son suelos oscuros y ricos en materia orgánica, por lo que son muy utilizados en agricultura de temporal; sin embargo, las sequías periódicas y la erosión eólica e hídrica son sus principales limitantes. Se utilizan intensamente para la producción de granos (soya, trigo y cebada, por ejemplo) y hortalizas, y como zonas de agostadero cuando están cubiertos por pastos. A nivel mundial, ocupan alrededor de 190 millones de hectáreas, de las cuales cerca de una cuarta parte se encuentra en las pampas argentinas y uruguayas (IUSS Working Group, 2007). En México, se distribuyen en porciones del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Occidental, la Península de Yucatán, Guanajuato y Querétaro, principalmente.

En la categoría de Regosoles (del griego reghos, manto) se agrupa a los suelos que no pueden ser clasificados dentro de los grupos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS Working Group, 2007). En otras clasificaciones se reconocen como Entisoles. En general, son suelos muy jóvenes que se desarrollan sobre material no consolidado, de colores claros y pobres en materia orgánica. Se encuentran en todos los climas, con excepción de zonas de permafrost, y en todas las elevaciones, y son particularmente comunes en las regiones áridas, semiáridas los trópicos secos) y montañosas. Muchas veces se asocian con los Leptosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Los Regosoles de zonas áridas tienen escasa vocación agrícola, aunque su uso depende de su profundidad, pedregosidad y fertilidad, por lo que sus rendimientos son variables (SEMARNAT, 2008). A nivel mundial, los Regosoles ocupan alrededor de 260 millones de hectáreas (IUSS Working Group, 2007). En México, las mayores extensiones se encuentran en la Sierra Madre Occidental y del Sur y en la Península de Baja California. Las variantes más comunes en el territorio son los Regosoles eútricos y calcáricos que se caracterizan por tener una capa ócrica, que cuando se retira la vegetación, se vuelve dura y costrosa lo que impide la penetración del agua hacia el subsuelo y dificulta el establecimiento de las plantas. Esta combinación (escasa cubierta vegetal y baja infiltración de agua al suelo) favorece la escorrentía superficial, y con ello, la erosión.

Los Luvisoles (del latín luere, lavar) son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

estacionalidad de lluvia y sequía. Son comunes en bosques de coníferas y selvas caducifolias del sur del país. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado y cubre, por lo general, la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. Los Luvisoles se extienden por alrededor de 500 a 600 millones de hectáreas en el mundo (IUSS Working Group, 2007). En México, se encuentran en la Sierra Madre Occidental, Guerrero, Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán, entre otras regiones. Los Vertisoles (del latín vertere, invertir) son suelos de climas semiáridos a subhúmedos y de tipo mediterráneo, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias. La vegetación natural que se desarrolla en ellos incluye sabanas, pastizales y matorrales. Se pueden encontrar en los lechos lacustres, en las riberas de los ríos o en sitios con inundaciones periódicas. Se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada.

Esta propiedad hace que, aunque son muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias (IUSS Working Group, 2007). A nivel mundial ocupan alrededor de 335 millones de hectáreas, de las cuales cerca de la mitad se destinan al cultivo de maíz (IUSS Working Group, 2007).

D. SISMICIDAD.

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas como dentro de ellas (SGM, 2017).

México es una región altamente sísmica debido a la interacción de varias placas tectónicas**.** En particular, las placas oceánicas de Cocos y de Rivera que subducen bajo la placa de Norteamérica a lo largo de la costa del Pacífico, lo que genera sismos de gran magnitud. Además, la Placa del Pacífico se desplaza lateralmente respecto a la Placa de Norteamérica.

TABLA 12. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LOS MUNICIPIOS DE GUANAJUATO.

MUNICIPIO	ZONA	EFECTOS DEL SITIO
Irapuato	B	Sismicidad baja, movimientos del terreno perceptibles
Silao de la Victoria	B	Vibraciones sísmicas moderadas
León	B	Vibraciones sísmicas moderadas
San Francisco del Rincón	B	Vibraciones sísmicas moderadas, posible amplificación del movimiento del suelo
Purísima del Rincón	B	Sismicidad baja; vibraciones perceptibles de baja intensidad

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El territorio mexicano está clasificado respecto a el peligro sísmico, elaborada con base en los criterios del Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015) y difundido por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, capítulo diseño por sismo, considerando la sismicidad histórica y el contexto tectónico regional. Para ello, el territorio nacional se encuentra catalogado en cuatro zonas: A, B, C y D, cuyo peligro es de menor a mayor, en función de la sismicidad propia de cada región (Ilustración 16 e Ilustración 17).

A esta clasificación se le conoce como regionalización sísmica y tiene como objetivo, proporcionar la información necesaria para fijar los requisitos mínimos que deben seguir los proyectistas, diseñadores y constructores en las edificaciones y otras obras civiles de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras ante los efectos producidos por un sismo. Sin embargo, esta regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme; no se toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos (CENAPRED, 2020).

En el caso específico del estado de Guanajuato, la entidad se localiza en la interacción de la Sierra de Guanajuato y la gran planicie de la Mesa Central, lo que influye en sus características sísmicas de baja frecuencia de eventos importantes, predomina entre las delimitaciones A y B. (ver Ilustración 16). La zona A, de sismicidad muy baja, se caracteriza por ser una región en la cual no se tienen registros históricos de eventos importantes en los últimos 80 años y no se espera que la amplificación del suelo sea mayor a un 10% de la aceleración de la gravedad. La zona B, de sismicidad baja, se identifica por ser una demarcación en dónde no se registran sismos con frecuencia (ver TABLA 12).

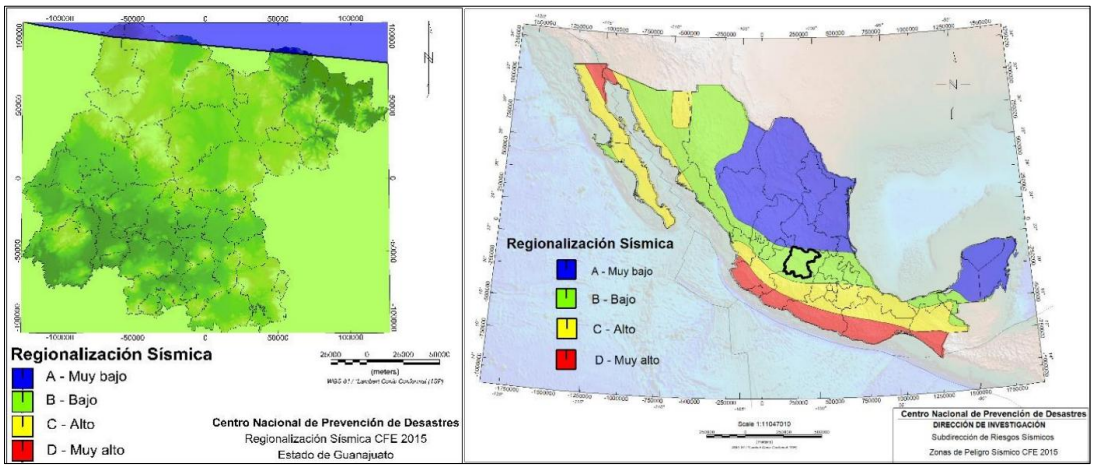


Ilustración 16. CFE 2015, Regionalizaciones sísmicas del estado de Guanajuato.

El estado de Jalisco se encuentra en una de las regiones sísmicas más activas de México, es altamente contrastante, destacando una franja de muy alta peligrosidad de la zona D en el suroeste del estado y la región costera, así mismo la zona A se concentra principalmente hacia el noreste, mientras que hacia el centro y norte predominan las zonas C y B, por lo que es una de las regiones tectónicas más activas del país (ver Ilustración 17).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

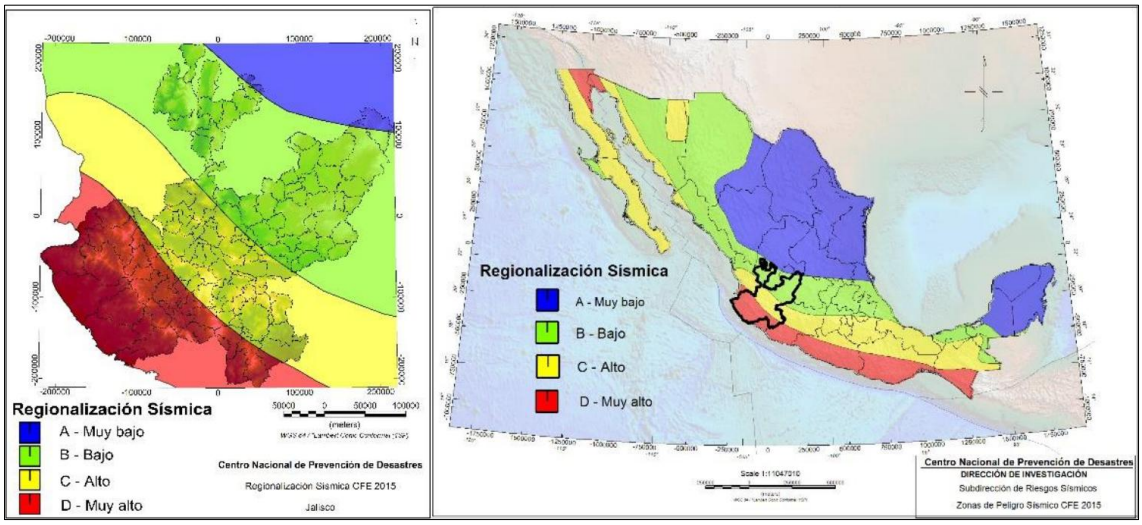


Ilustración 17. CFE 2015, Regionalizaciones sísmicas del estado de Jalisco.

Para la región correspondiente al cruce del trazo del proyecto en el estado de Jalisco se identifican solo dos zonas: La zona B, de sismicidad baja, se identifica por ser una demarcación en donde no se registran sismos con frecuencia. Así mismo, la zona C, de sismicidad alta, se distingue de la anterior, debido a que comúnmente se presentan eventos sísmicos, aunque abarca gran parte del centro del estado, es considerado un nivel inferior a la costa, pero con mayor impacto debido a la densidad poblacional y suelos blandos (ver TABLA 13).

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LOS MUNICIPIOS DE JALISCO.

MUNICIPIO	ZONA	EFECTOS DEL SITIO
Unión de San Antonio	B	Vibraciones sísmicas moderadas,
Lagos de Moreno	A y B	Vibraciones sísmicas ligeras, sin efectos significativos
San Juan de los Lagos	B	Vibraciones moderadas
Jalostotitlán	B	Baja sismicidad, movimientos perceptibles de baja intensidad
San Miguel el Alto	B	Vibraciones leves, baja probabilidad de afectaciones
Valle de Guadalupe	B	Sismos poco frecuentes
Tepatitlán de Morelos	B	Vibraciones moderadas
Acatic	B	Sismicidad baja, efectos sísmicos poco significativos
Zapotlanejo	B	Vibraciones moderadas
Tonalá	B	Sismicidad moderada, vibraciones perceptibles
San Pedro Tlaquepaque	B y C	Posible amplificación del movimiento del suelo

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LOS MUNICIPIOS DE JALISCO.		
MUNICIPIO	**ZONA**	**EFECTOS DEL SITIO**
Guadalajara	B y C	Vibraciones sísmicas moderadas, posible amplificación del movimiento del suelo
Zapopan	B y C	Sismicidad moderada, vibraciones perceptibles

X. MARCO GEOMORFOLÓGICO.

La región del estado de Guanajuato se caracteriza por un típico paisaje volcánico, donde coexisten mesetas formadas por coladas de lava, aparatos volcánicos y valles intermontanos, cuya altitud oscila entre los 2000 y 3280 m (INEGI, 1998). En este estado, el Tramo Irapuato - Guadalajara atraviesa tres municipios, entre los cuales se encuentra Irapuato y León, dos de las ciudades más relevantes dentro de la zona.

En cuanto al municipio de Irapuato, la configuración geomorfológica se distingue por la predominancia de terrenos planos que abarcan aproximadamente el 85% de su superficie, con altitudes comprendidas entre 1 716.614 y 1 724.452 msnm y pendientes promedio de muy baja inclinación. El 15% restante corresponde a áreas accidentadas, principalmente en la periferia, conformadas por lomas y cerros como Arandas, Bernalejo, Blanco y Loma Pelada (Secretaría de Seguridad Pública, 2023). Entre estas elevaciones destacan, al Norte, el Cerro Blanco, con una altitud de 1 880 msnm, y al Occidente, un conjunto orográfico relevante integrado por Cerro Prieto, El Brete, El Venado, La Campana, El Guajolote, El Guilote, Cerro de Arandas y las faldas del Cerro El Veinte, este último con la mayor altitud registrada en el municipio, alcanzando los 2 320 msnm.

El territorio municipal se localiza en un 98 % dentro de la subprovincia Bajío Guanajuatense, sobre rellenos sedimentarios compuestos principalmente por arenisca y conglomerados poligénicos (Secretaría de Seguridad Pública, 2023). Las topoformas predominantes en el municipio son: llanura aluvial con 66.27% del territorio, en la porción Centro y Norte, en las localidades de Laguna Larga, El Romeral, Guadalupe de Rivera, Los Camachos, Loma de Conejos (Las Lomas), San Antonio de Chico, Guadalupe de Paso Blanco (El Ranchito), San Agustín de los Tordos (San Agustín), La Calera, etc. (Secretaría de Seguridad Pública, 2023). En la porción Noreste predomina un sistema de topoforma de meseta basáltica con lomerío, con el 16.25% del territorio municipal, en las localidades de El Copalillo, Ex Hacienda del Copal, Valencianita, Lo de la Sierra, Cañada de la Muerte, Santa Rosa Temascatío y Comederito (ver Ilustración 18).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

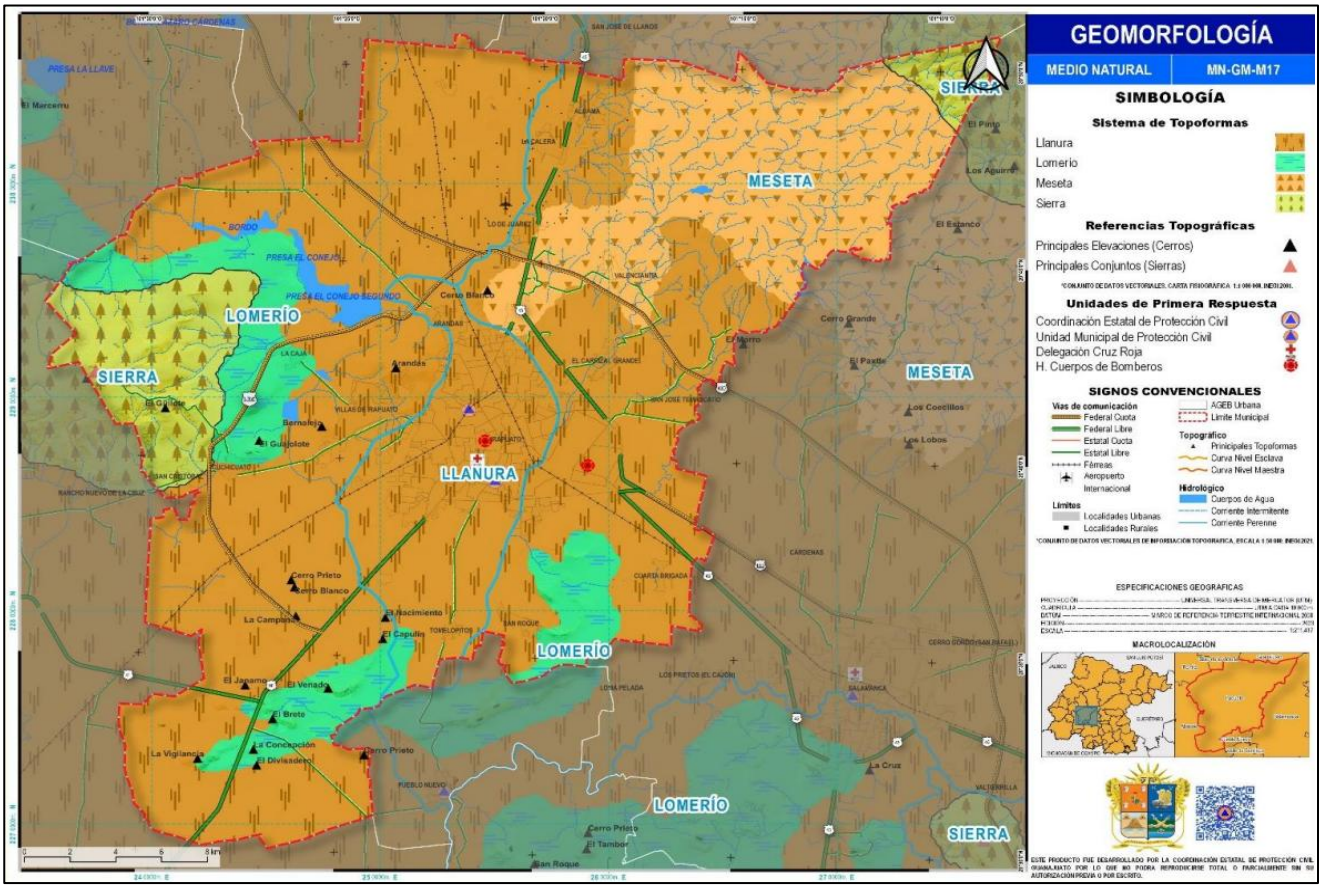


Ilustración 18. SSP 2023, Muestra los sistemas de topoformas del municipio de Irapuato, Gto.

En la porción Noreste, entre los límites con los municipios de Salamanca y Guanajuato, el sistema de topoforma de sierra volcánica de laderas tendida representa el 6.45% del territorio, en la porción accidental de Sierra de Codornices (Secretaría de Seguridad Pública, 2023) (ver TABLA 14).

TABLA 14. SISTEMA DE TOPOFORMAS CORRESPONDIENTES AL MUNICIPIO DE IRAPUATO. FUENTE: INEGI (2010). TOMADO DE SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA, 2023.

SISTEMA DE TOPOFORMAS	PORCENTAJE (%)
Llanura aluvial	66.27
Meseta basáltica con lomerío	16.25
Sierra volcánica de laderas tendidas	6.45
Lomerío de basalto	4.99
Lomerío de aluvión antiguo con mesetas	4.82
Sierra alta escarpada	1.22

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El municipio de León es completamente variado en su fisiografía (Ilustración 19), la Sierra de Guanajuato y Cuatralba en la zona leonesa se encuentra inmersa dentro de la provincia fisiográfica de la “Mesa del Centro”, la zona Sur del municipio, en donde el territorio presenta zonas topográficas bajas, se encuentra en la FVTM por la presencia de productos volcánicos y rellenos sedimentarios (Secretaría de Seguridad Pública, 2023). La porción Centro-Sur representa el 66.23% del territorio del municipio, en esta provincia fisiográfica se encuentran inmersa las subprovincias de “Bajío Guanajuatense” con el 43.66% del territorio en las localidades de San Francisco de Duran, Barrio La Lomita, La Providencia, Plan de Ayala, Héroes de León, La Cabecera municipal, etc. La subprovincia denominada “Altos de Jalisco" representa el 22.57% del territorio en la porción Noroeste del municipio (Secretaría de Seguridad Pública, 2023).

TABLA 15. SISTEMA DE TOPOFORMAS CORRESPONDIENTES AL MUNICIPIO DE LEÓN. FUENTE: INEGI (2010). TOMADO DE SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA, 2023.

SISTEMA DE TOPOFORMAS	PORCENTAJE (%)
Llanura aluvial	38.93
Meseta basáltica con lomerío	19.28
Sierra Alta con Mesetas	13.58
Sierra alta	12.54
Lomerío de aluvión antiguo	4.28
Escudo volcanes	3.29
Sierra alta escarpada con mesetas	1.88
Lomerío de pie de monte	1.72
Meseta basáltica	1.49
Sierra alta escarpada con mesetas	1.37
Sierra alta escarpada	1.19
Lomerío de aluvión antiguo con mesetas	0.45

El Tramo Irapuato - Guadalajara atraviesa 15 municipios, de los cuales se encuentran divididos entre subprovincias:

La región del Bajío se localiza en los municipios de Irapuato, Silao de la Victoria, León de los Aldama y San Francisco del Rincón. Está conformada por depósitos de material medianamente consolidado (Terciario) y sin consolidar (aluvión), que afloran principalmente en las partes topográficas más bajas del valle (CONAGUA, 2024). Estas unidades son producto de la acción actual de los factores exógenos niveladores del relieve. El drenaje es del tipo paralelo; su origen se debe, probablemente, al proceso erosivo acumulativo que ejercen algunos factores externos, a través del tiempo. Por otra parte, el terreno es casi horizontal, con pendiente prácticamente de 0° y drenaje poco significativo (CONAGUA, 2024).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

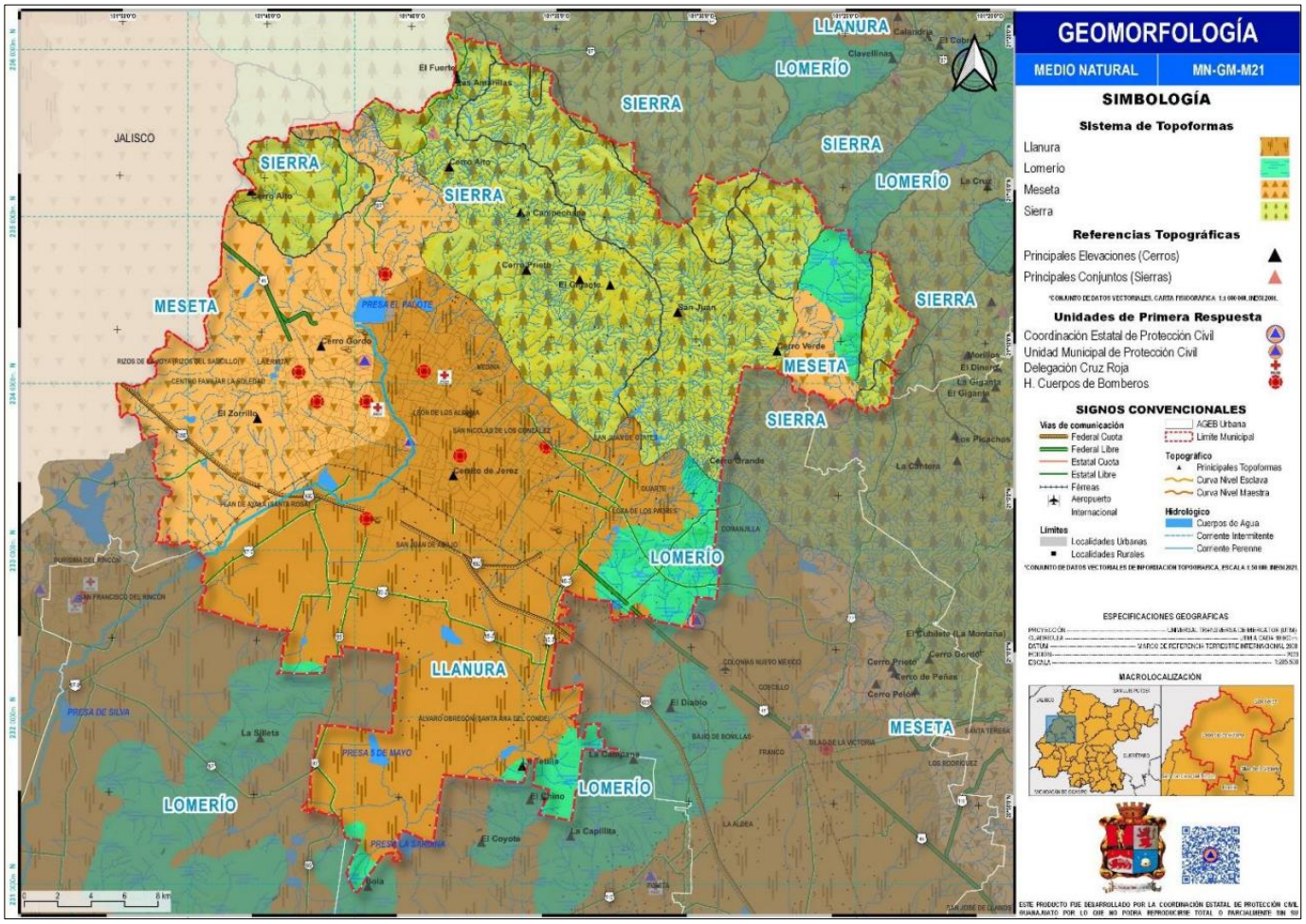


Ilustración 19. SSP 2023, Muestra los sistemas de topoformas del municipio de León, Gto.

La región de Altos de Jalisco se localiza en los municipios Purisima del Rincón, San Diego de Alejandría, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo, Tepatitlán de Morelos, Acatic y Zapotlanejo, está representada por el conjunto de lomas y mesetas de mediana elevación, con relación a la región anterior que se distribuye en toda la porción occidental del área y en las partes topográficamente altas del Sur. Se caracterizan por suave pendiente en la cima de estas mesas y fuerte en las laderas que conjuntamente con el fracturamiento y las fallas le confieren buena infiltración para alimentar al acuífero. Agrupa a rocas volcánicas del Terciario pertenecientes a la Andesita Bernalejo, Ignimbrita Cuatralba, Basalto Dos Aguas y Basalto El Cubilete (CONAGUA, 2024).

En el estado de Jalisco existen diversos elementos orográficos, los cuales constituyen el relieve actual. Las distintas monoestructuras como las sierras, barrancas, valles, llanuras, mesetas, entre otras, forman parte de las cuatro provincias fisiográficas donde se enclava el estado: Faja Volcánica Transversal Mexicana (FVTM), Mesa Central (MC), Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur, (INEGI, 2000) ver Ilustración 20.

La mitad Norte y Noroeste de Los Altos, es geomorfológicamente, el dominio de las planicies formadas a expensas de la cuenca sedimentaria del río Aguas Calientes, río Belén o río Verde. En

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

esta zona el paisaje se caracteriza por los relieves planos, tabulares, fosilizados por derrames de basaltos geológicamente modernos y disecados por la erosión fluvial cuaternaria. Se presenta una sucesión de valles poco profundos y amplios relieves planos de terrazas y mesas. El sector Este y Sureste de Los Altos, es el dominio de los relieves tabulares elevados, formados sobre bloques del "plateau riolítico", se trata de la altiplanicie de Tepatitlán (1,900 msnm, las mesetas de San Julián y Arandas, separadas por el valle del arroyo Jalpa y cuya altura es de 2,000 a 2,200 m).

Por último, el municipio de Guadalajara presenta un relieve acumulativo-erosivo, formado por el depósito de la Toba Tala, originada por la actividad explosiva de la sierra de La Primavera que dejo espesores de 300 m al Poniente a pocos centímetros al Oriente. Este paquete tobáceo es no consolidado, lo que facilito la erosión pluvial, generando dos geoformas distintivas en el municipio, las barrancas de los Colomos y Alcalde Barranquitas, que sobresalen del relieve de lomerío bajo que predomina en la mayor parte del municipio.

La constante urbanización propicio cambios significativos en la morfología del relieve del llamado "valle" de Atemajac, como son alteración de la red fluvial original, relleno de barrancas y modificación de elevaciones topográficas. Estos cambios en la geomorfología se han traducido en el aumento de los riesgos por inundaciones, hundimientos, deslizamientos de tierras y caída de bloques (Ilustración 20).

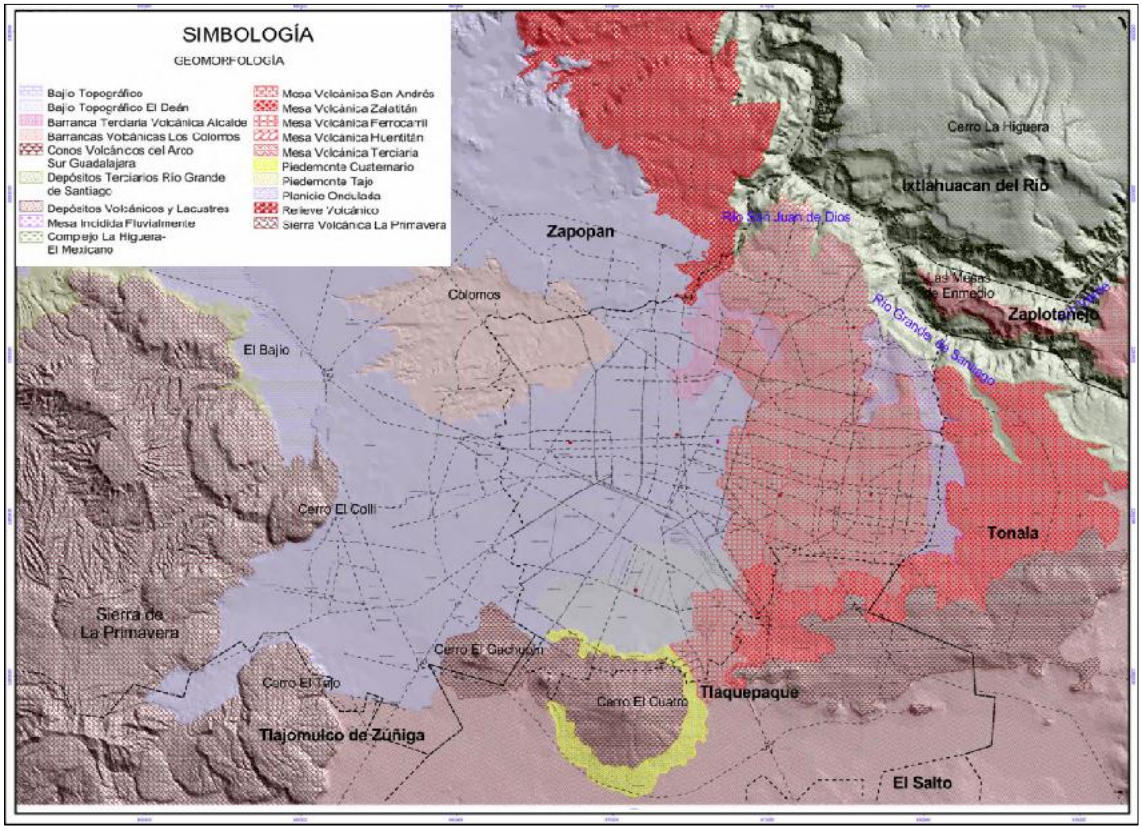


Ilustración 20. SSP 2023, Muestra los sistemas de topoformas del estado de Jalisco.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Por lo que, de manera particular, el sistema de topoformas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara se conforma de sierras, mesetas, lomeríos, valles y llanuras; lo cual refleja una notable heterogeneidad fisiográfica que influye en las condiciones de trazo, construcción y operación del proyecto. La identificación de estas topoformas resulta fundamental para analizar las ventajas y limitaciones de cada tramo del recorrido (ver Ilustración 21).

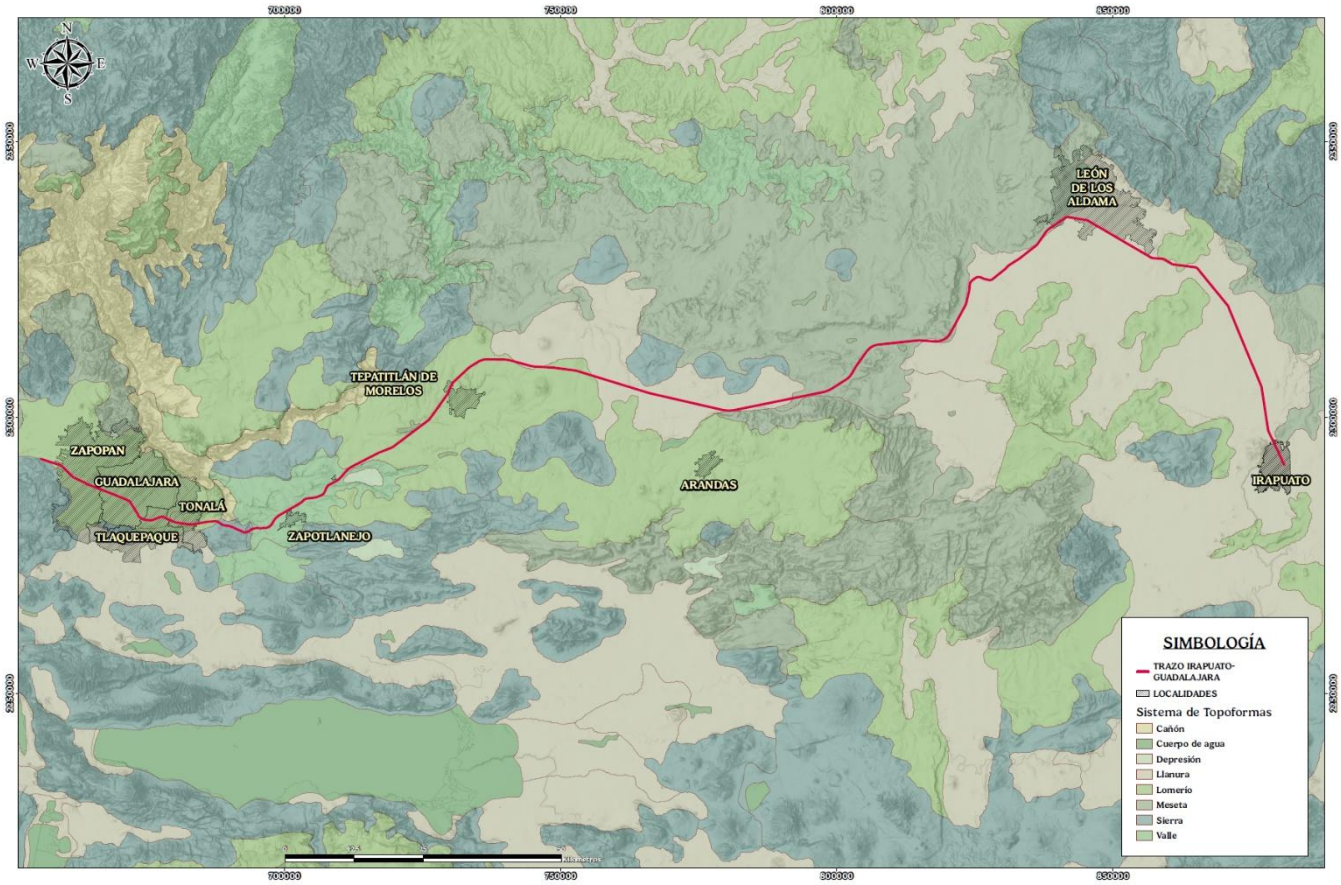


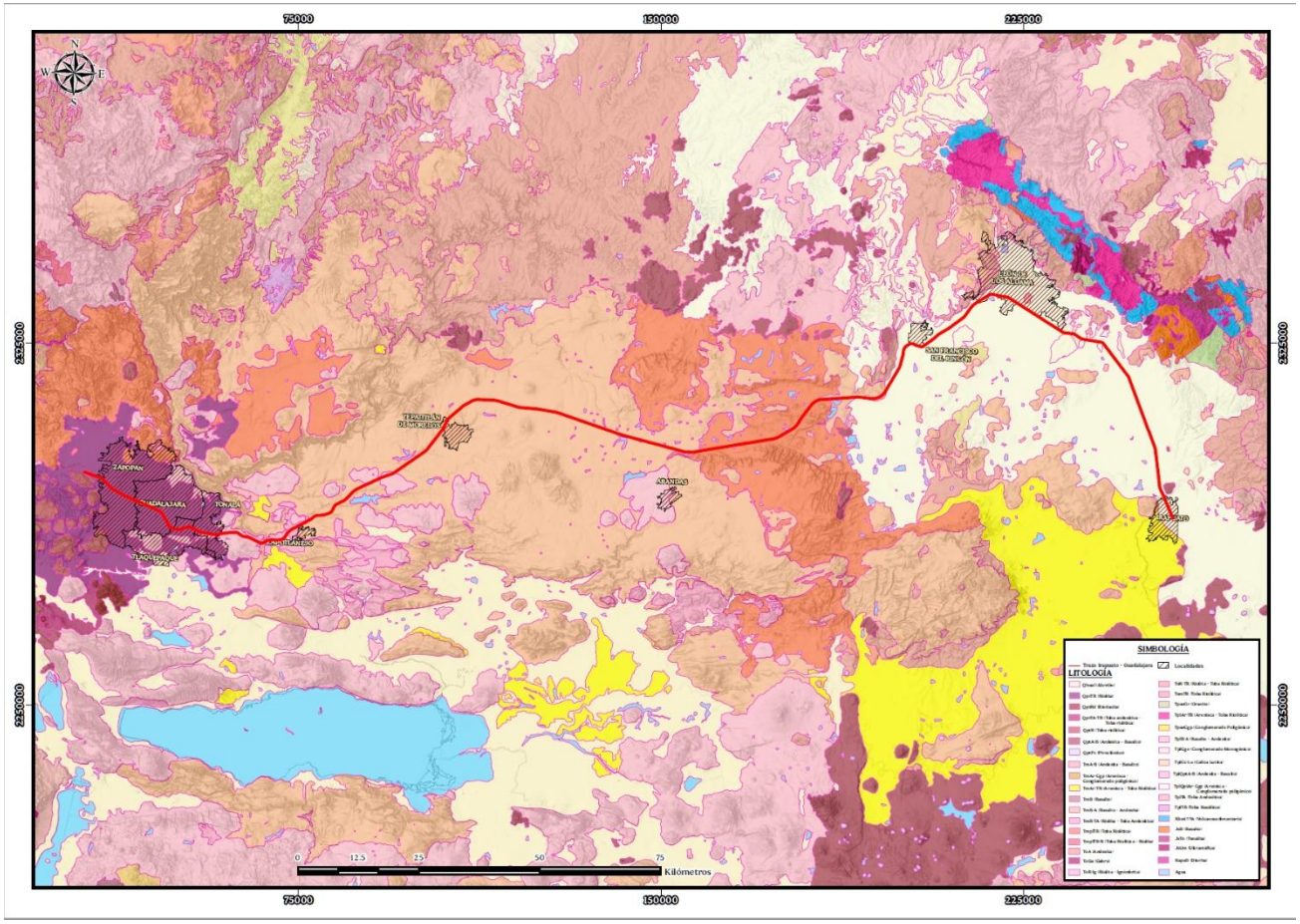
Ilustración 21. Defensa 2026, Mapa de los sistemas de Topoformas del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XI. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

A. ESTRATIGRAFÍA

En la Ilustración 22 se muestra la columna estratigráfica del Tramo Irapuato-Guadalajara, que está constituida por treinta y dos unidades geológicas con un rango de edad que va del Jurásico Superior (Batoniano-Oxfordiano) al Cuaternario (Holoceno). Las unidades que se identificaron corresponden a rocas ígneas extrusivas predominantemente, rocas sedimentarias, ígneas intrusivas y metamórficas.



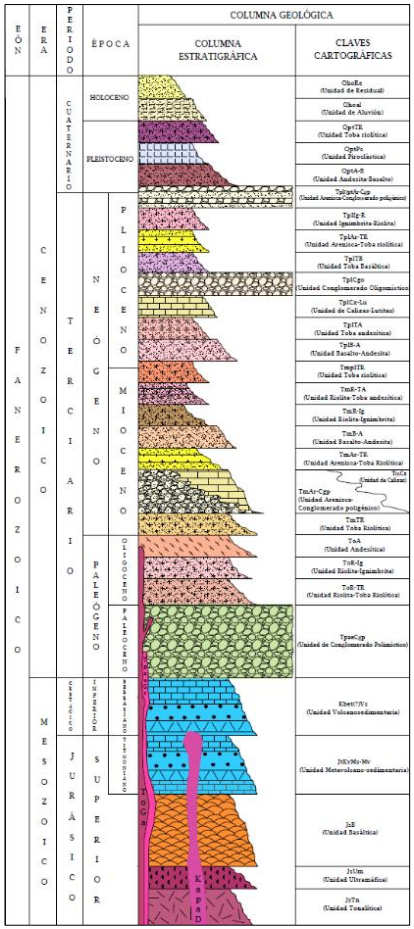


Ilustración 22. Modificado de SGM 2026, Mapa geológico regional escala 1:250,000 y columna estratigráfica regional de la propuesta del Tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ARCO DE GUANAJUATO

Unidad Tonalítica (JsTn)
Tonalita Cerro Pelón

Los afloramientos de tonalita se localizan al Norte y Noroeste de la ciudad de Guanajuato, en los alrededores de los poblados de La Concepción, Llanos de Santana y La Luz. Su localidad tipo se encuentra en el Cerro Pelón (Alvarado-Méndez, et al., 1998).

Esta unidad se caracteriza por ser una roca masiva, leucócrata, de color crema, cristalina, con una textura afanítica formada por plagioclasas, cuarzo, clorita y epidota. Petrográficamente, su composición varía desde tonalita y trondhjemita hasta granito de albita. Los afloramientos presentan un alto grado de fracturación e intemperismo *(Alvarado-Méndez, et al., 1998)*.

Debido a su contexto intraoceánico, se considera que la sierra de Guanajuato es favorable para la presencia de mineralización de tipo pórfido cuprífero, similar a las asociadas a los arcos volcánicos básicos y/o vulcanoclásticos intercalados del Pacífico y la región de Diorita (Alvarado-Méndez, et al., 1998).

La datación en roca entera mediante el método K/Ar para la tonalita del Cerro Pelón arroja una edad de 157.1 ± 8.8 millones de años, situándose en el periodo Batoniano-Oxfordiano (Alvarado-Méndez, et al., 1998). El espesor de esta unidad no supera los 500 metros.

Unidad Ultramáfica (JsUm)
Complejo Ofiolítico de San Juan de Otates

En la Sierra de Guanajuato al Noreste de León, específicamente al Norte del poblado de San Juan de Otates sobre el arroyo del mismo nombre, se reconoció la existencia de un complejo básico-ultrabásico. Por su carácter alóctono y fuerte tectonización, proponen que podrían representar un complejo ofiolítico, que denominaron "Complejo Ofiolítico de San Juan de Otates" (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

Dicha unidad es constituida por una serie de escamas tectónicas de rocas ultrabásicas, básicas e intermedias, formadas por serpentinitas, peridotitas, piroxenitas, clinopiroxenitas serpentinizadas y gabros con texturas de acumulación (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998). De igual manera, estas rocas tienen un plegamiento isoclinal y están recortadas por un sistema de fallas con dirección S60-80º que están en relación con el emplazamiento de las napas; asimismo, presentan un metamorfismo regional en facies de esquistos verdes y parcialmente afectadas a su vez por un metamorfismo de contacto por intrusiones ácidas del Eoceno.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Las características geoquímicas de las rocas ultrabásicas de San Juan de Otates, muestran similitudes con las ofiolitas que se consideran son formadas en un ambiente de arco insular. (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998), hace mención que estas rocas son entonces los niveles profundos del arco de Guanajuato.

Estas rocas son rocas alóctonas formadas en un medio ambiente correspondiente a un arco intraoceánico y están situadas en la cima del complejo tectónico y descansan por cabalgadura sobre la unidad volcanosedimentaria "La Esperanza". Por su posición y naturaleza alóctona al igual que las demás rocas de arco se le asigna una edad tentativa del Jurásico Superior. Aunque probablemente se extienda al Cretácico Inferior, y habría sido transportado a su posición actual durante el Mesozoico Superior. El espesor de esta unidad es mayor a 200 m (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

Unidad Basáltica (JsB)
Unidad Basáltica La Luz
Ortiz, 1992 (Pérez-Martinez, 2013) propone el término de Unidad Basáltica La Luz, argumentando que se trata de una unidad tectonoestratigráfica. Estas rocas afloran a lo largo del camino de terracería que comunica el poblado de La Luz con el Cerro del Cubilete, situado a 30 km al SE de León, Guanajuato, y a 10 km al NW de la ciudad de Guanajuato; sin embargo, no la propone formalmente como su localidad tipo (Pérez-Martinez, 2013).

Esta unidad está compuesta por lavas masivas y almohadilladas, intercaladas con pedernal, rocas piroclásticas básicas y raramente con rocas volcanodetríticas y derrames dacíticos-riodacíticos calcialcalinos hacia su cima. Las lavas almohadilladas son de tamaño medio (30-50 cm) y muestran vesículas rellenas de minerales secundarios (clorita, epidota, calcita o cuarzo). La matriz que rodea a las almohadillas está constituida por material arcilloso o más raramente, por hialoclastitas. Las lavas están constituidas por microlitos de plagioclasa albitizada, incluidos en una mesostasis formada por minerales de alteración intersticial. También presenta basaltos tonalíticos y andesitas, en derrames masivos parcialmente con estructuras almohadilladas, de color café oscuro, su textura varía de afanítica a porfirítica, presenta cloritización, epidotización y piritización en forma diseminada (Pérez-Martinez, 2013).

Las características petrográficas, geoquímicas e isotópicas reportadas para esta unidad nos indican que el volcanismo ocurrió en un ambiente submarino a una profundidad considerable. De acuerdo con Ortiz-Hernández et al. (1992) el origen de las lavas de La Luz, está ligado estrechamente a la existencia de una cámara magmática activa durante el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, la cual fue formada en un contexto de arco insular intraoceánico. Asimismo, Ortiz-Hernández et al. (1992) en (Pérez-Martinez, 2013) reportan un espesor de 1000 m para estas rocas.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

DEPÓSITOS DEL JURÁSICO – CRETÁCICO

Unidad Metavolcano-sedimentaria (JtKvMs-Mv) y Unidad Volcanosedimentaria (Kbet(?)Vs) Formación Esperanza

Estas dos unidades pertenecen a la formación denominada informalmente como Formación La Esperanza (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

Esta formación se agrupa en dos grupos: el grupo de las lutitas, areniscas y calizas depositadas bajo condiciones marinas, y el grupo de las rocas metamórficas, que a partir de las rocas anteriores se forman por movimientos orogénicos y por la acción de los cuerpos intrusivos. La localidad tipo para esta formación se encuentra entre la margen izquierda de la Presa de Esperanza y la Cañada de Españita (Pérez-Martinez, 2013).

Estas unidades afloran a nivel regional sobre una franja de rumbo general NO-SE y que comprende desde Comanja de Corona, Jal en el extremo NO fuera de la carta hasta los alrededores de la ciudad de Guanajuato al SE, constituye el armazón estructural de la sierra León-Guanajuato (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

La Unidad Metavolcano-sedimentaria **(JtKvMs-Mv),** conformada por una alternancia de estratos delgados de lutitas y calizas que conforman estructuras bandeadas de colores claros y oscuros. Las paragénesis minerales de los diversos componentes son congruentes con fenómenos de espilitización, propilitización metamorfismo regional de bajo grado y alteración hidrotermal, siendo indudablemente el metamorfismo de bajo grado (facies esquistos verdes) el fenómeno que más caracteriza a esta unidad a lo largo de la sierra León-Guanajuato. En parte es característico observar estructuras "Budinage" lo que le da la apariencia de horizontes conglomeráticos (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

La unidad Volcanosedimentaria **(Kbet(?)Vs**), está representada por derrames de lava basáltica - andesítica de estructura masiva o almohadillada con horizontes de brecha, toba de la misma composición, mientras que, la cima está representada por esquistos de sericita (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

El espesor de la formación no es conocido debido a que su base no aflora, así como fallamientos que ocurren dentro de la formación y a que los cuerpos que la han intrusionado dejaron solamente grandes remanentes de rocas metamórficas en forma de colgantes. Se estima de una manera aproximada que el espesor de la formación es superior a los 800 m (Pérez-Martinez, 2013).

Basados en la ausencia de fósiles algunos autores consideran una edad del Triásico-Jurásico para estas rocas. Sin embargo, otros autores con base al reconocimiento de corales en las calizas de esta formación, restringen su edad al Jurásico tardío. Asimismo, se han reportado radiolarios en facies carbonatadas en las inmediaciones de Arperos, del Cretácico Temprano. Por lo anterior, se considera una edad entre el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano para esta unidad (Pérez-Martinez, 2013).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Unidad Diorita (KapaD)
Diorita Tuna Mansa

La Diorita Tuna Mansa corresponde a una unidad plutónica constituida por cuerpos cristalinos de composición predominantemente diorítica, con variaciones petrográficas hacia facies graníticas y, de manera local, gabróicas. Esta unidad presenta una edad isotópica de 122.5 ± 5.6 Ma, obtenida mediante el método K-Ar en anfíbol, y está conformada principalmente por dioritas de hornblenda y biotita que contienen enclaves de clinopiroxenita. En algunos sectores se reconocen facies gabroicas con edades de 112.5 ± 6.8 Ma determinadas por K-Ar en roca total, así como el desarrollo ocasional de estructuras tipo flaser (Ortíz-Hernández, et al., 1990).

Desde el punto de vista estructural, la unidad constituye una serie de remanentes tectónicos (klippen) emplazados sobre las unidades La Luz y Formación Arperos, evidenciando una compleja evolución tectónica regional. De acuerdo con la cartografía geológica del Servicio Geológico Mexicano (SGM), estas litologías se agrupan dentro de la unidad denominada Diorita Tuna Mansa, cuyos afloramientos se distribuyen a lo largo de la Sierra de Guanajuato, particularmente en las localidades de Tuna Mansa y El Jitomatal. Las relaciones de campo indican que la unidad se encuentra tectónicamente emplazada mediante estructuras de cabalgadura sobre secuencias basálticas y volcanosedimentarias. Asimismo, está intensamente afectada por un sistema de diques de composición granofídica, dolerítica y basáltica que conforman un extenso enjambre filoniano; en la región La Luz–El Cubilete–Guanajuato, este conjunto ha sido denominado Complejo Filoniano Santana. Los diques doleríticos que cortan a la unidad presentan localmente evidencias de deformación asociadas a procesos de milonitización, lo que refleja la superposición de eventos magmáticos y tectónicos posteriores al emplazamiento de la diorita. (Ortíz-Hernández, et al., 1990)

DEPÓSITOS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Unidad de Conglomerado Poligénico (TpaeCgp)
Conglomerado Guanajuato

Varios autores le asignan el nombre de conglomerado Guanajuato a una secuencia clástica continental de carácter conglomerático (Alvarado-Méndez et al., 1997). Se caracteriza por ser poligénico, mal clasificado y de aspecto brechoide, constituido principalmente por guijarros de rocas ígneas y sedimentarias, predominando en más del 50% la composición riolítica, asimismo presenta clastos de granito, diorita y escasamente cuarzo, caliza, lutita y pedernal; el color en roca sana es verde y al intemperizarse (debido al alto contenido de minerales ferromagnesianos) se torna de color rojo; la matriz es, arenosa cementada principalmente por óxidos de hierro (limonita), lo que le da un aspecto rojizo (Sánchez-González, 2004).

A esta unidad se le atribuye una edad que va del Paleoceno al Oligoceno Inferior. Su ambiente de depósito fue bajo condiciones continentales y un escaso desgaste de los fragmentos, los cuales presentan formas que van de redondeadas a angulosas lo cual indica el poco arrastre que tuvieron los fragmentos al momento de depositarse. Además, se estima que la unidad alcanza un espesor aproximado de 1000 metros en las cercanías de Guanajuato. (Sánchez-González, 2004).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

DEPÓSITOS DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Unidad Riolita-Toba Riolítica (ToR-TR) y Unidad Riolita-Ignimbrita (ToR-Ig)
Ignimbrita Panalillo

Ambas unidades pertenecen a la formación geológica Ignimbrita Panalillo, la cual se divide en dos miembros: (a) Miembro Inferior, también conocido como Panalillo Inferior, y (b) Miembro Superior, o Panalillo Superior (Torres-Hernández, 2009).

El miembro inferior consta de una secuencia de flujos y oleadas piroclásticas de composición riolítica, no soldada aunque puede presentar horizontes ligeramente soldados, a la base del miembro afloran depósitos co-ignimbríticos, los cuales consisten de bloques y fragmentos angulares de riolita de 2 a 60cm, inmersos en una matriz de ceniza del tamaño de la arena gruesa, presenta una burda estratificación y gradación, así como estructuras de imbricación de bloques, canales de erosión y estructuras de dunas. Asimismo, para este miembro reportan diques, que están constituidos por ceniza volcánica félsica de granulometría de arena fina a gruesa (Torres-Hernández, 2009).

El miembro superior, consiste de dos unidades, la inferior constituida por una ignimbrita café rojizo, café claro o rosa claro de textura porfirítica, con fenocristales de cuarzo y sanidino en una matriz parcialmente desvitrificada. La unidad superior de este miembro, es una ignimbrita gris rosácea, café o gris rojiza, de textura merocristalina, porfirítica, fluidal de fenocristales de cuarzo, sanidino y algunos de plagioclasa en una matriz casi totalmente desvitrificada con numerosas esferulitas rellenas de cuarzo y zeolitas (Torres-Hernández, 2009).

La Ignimbrita Panalillo, está representada por un vulcanismo félsico que sucedió entre 28-25 Ma y originó erupciones piroclásticas, cuya expulsión fue a través de fallas normales formadas durante la etapa en que la extensión fue más intensa. Para esta unidad se reporta una edad del Paleógeno, Oligoceno y un espesor aproximado de 250 m (Torres-Hernández, 2009).

Unidad Riolita-Ignimbrita (TomR-Ig)

La unidad está constituida principalmente por derrames riolíticos e ignimbritas, con intercalaciones de brechas volcánicas, aglomerados y depósitos tobáceos, además de múltiples niveles de flujos piroclásticos de ceniza con distintos grados de soldamiento, desde débil hasta intenso. Las riolitas presentan tonalidades café rosadas y texturas que varían de afaníticas a brechoides; localmente contienen cavidades rellenas por sílice y calcita. Estas rocas exhiben una estructura masiva y compacta, organizada en seudoestratos con espesores que oscilan entre 1 y 10 m. Petrográficamente, se caracterizan por una textura hipocristalina porfídica compuesta principalmente por cuarzo, feldespatos alcalinos (ortoclasa y sanidino), vidrio volcánico, hematita, minerales opacos, biotita, zircón y hornblenda, mientras que la sericita y la clorita se presentan como productos secundarios de alteración. (Gómez Ramírez, 2024)

El conjunto volcánico alcanza espesores variables entre 150 y más de 1000 m y se dispone concordantemente sobre secuencias previas de ignimbritas y riolitas extrusivas, cubriendo a su vez

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

depósitos de tobas y brechas riolíticas. Esta sucesión ha sido correlacionada con el Grupo Volcánico Superior, cuya actividad se desarrolló durante el Oligoceno–Mioceno. Estudios posteriores realizados en el norte de Aguascalientes y centro-sur de Zacatecas la identifican como Ignimbrita Garabato, para la cual se reportan edades ^40Ar/^39Ar de 28.0 ± 0.8 Ma. Regionalmente, esta unidad recibe distintas denominaciones estratigráficas; en el distrito de Asientos se conoce como Riolita Altamira e Ignimbrita Las Manzanillas, mientras que en las proximidades de la ciudad de Aguascalientes ha sido correlacionada con la Ignimbrita El Ocote. (Gómez Ramírez, 2024)

Unidad Andesítica (ToA)
Andesita El Gran Bernalejo
A esta unidad se le denominó por primera vez como Andesita El Gran Bernalejo para referirse a dos cuerpos de rocas volcánicas, masivas, oscuras que afloran sobre el arroyo el Gigante, al Norte de la Luz, Guanajuato y el otro en el área de Bernalejo, al NE de Comanja de Corona Jalisco. Poco después se le asignó el nombre de andesita Bernalejo para un cuerpo de lava gris que emplazaron en lo que hoy corresponde a los caseríos de Bernalejo y La Perlita, Jalisco. Asimismo, se incluye dentro del Grupo León (Pérez-Martinez, 2013).

Esta unidad está constituida por dos cuerpos de rocas volcánicas, masivas, oscuras, que incluyen lavas porfídicas con fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno (augita) y ortopiroxeno (hiperstena) que presentan una matriz vítrea, lo que les confiere una alta resistencia a los procesos erosivos. En muestra de mano presenta un color gris oscuro debido a la presencia de vidrio volcánico o bien puede presentarse de color gris oscuro con tonos morados y verdosos (Pérez-Martinez, 2013).

Diversos autores señalan que esta unidad debe su origen a coladas volcánicas, acompañadas por depósitos piroclásticos. Sin embargo, otros investigadores han identificado en ciertas secciones la presencia de cuellos volcánicos o ductos de alimentación asociados a derrames o coladas de lava (Pérez-Martínez, 2012). La andesita Bernalejo tiene un espesor no mayor a los 300 m y una edad del Oligoceno temprano determinada por el método de U/Pb en circones (Pérez-Martinez, 2013).

Unidad Toba riolítica (TmTR)
Toba Cazos
Consta de una toba riolítica de color crema claro a rosa, compacta, fuertemente fracturada y afectada por el intemperismo. Estas tobas están formadas de aproximadamente 10% de cristales de cuarzo y plagioclasa anhedral, de hasta 0.5 cm de tamaño en promedio y aproximadamente 1% de biotita, inmersos en una matriz vítrea con incipiente desarrollo de esferulitas, en la zona de Los Cazos se identificaron feldespatos alterados (Barrera-Hernández, et al., 1998).

El límite superior de esta unidad está en contacto con la cubierta de basaltos del Mioceno Tardío y el límite inferior en la zona oriente de Manuel M. Diéguez, se presenta en forma concordante mostrando un ligero basculamiento hacia el NE con las andesitas e ignimbritas del Oligoceno (Barrera-Hernández et al., 1998). Las tobas tienen un espesor aproximado de 50 m y una edad radiométrica de 16.9 Ma que la incluye dentro del Mioceno (Barrera-Hernández, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Unidad Arenisca-Conglomerado poligénico (TmAr-Cgp)
Gravas El Capulín

Consta de una secuencia de rocas sedimentarias poco consolidadas que afloran parcialmente en la porción Suroccidental de la Sierra de Guanajuato. Su localidad tipo se encuentra en la porción Centro-Oeste del estado de Guanajuato, específicamente en el rancho El Capulín (Lagarde-Zapata, 2020).

A esta unidad la describen como depósitos de gravas y arenas no consolidadas con estratificación poco desarrollada, en algunos lugares la arena es tobácea, observándose entonces estratificación delgada; asimismo, los clastos en su mayoría son de composición riolítica, aunque existen, en cantidades menores, fragmentos andesíticos con tamaños que varían de 3 a 30 cm y están inmersos en una matriz arenosa, la abundancia de dichos clastos es muy variable, en algunos casos llegan a formar el 80%, mientras que en otros apenas alcanza el 10%. También, se documenta la presencia de estratos delgados intercalados de arena tobácea, arenisca y conglomerado polimíctico. En la Depresión del Bajío, la unidad corresponde a un depósito inmaduro, mal clasificado y pobremente seleccionado de fragmentos subredondeados, con gran variación de tamaño y grados de redondez; su composición también es variada observándose basaltos, riolítas, ignimbritas, andesitas, pizarras, filitas, lutitas, calizas, granitos, dioritas y tonalitas; presenta alternancia de gravas con arena y lentes de conglomerados (Lagarde-Zapata, 2020).

Estos sedimentos se depositaron en un ambiente continental producto de la erosión, transporte y acumulación de rocas preexistentes de tipo volcánico principalmente, es decir, un ambiente de cuenca endorreica en fosas tectónicas (Lagarde-Zapata, 2020). De acuerdo con su posición estratigráfica, a esta unidad se le asigna una edad correspondiente al Mioceno y un espesor que varía entre 60 y 100 metros (Alvarado-Méndez, et al., 1998).

Unidad de Calizas (TmCz)
Arenisca Valencianita

Esta secuencia tiene una amplia distribución alrededor del Lago de Chapala. Particularmente en el margen Sur del lago aflora una sucesión de calizas lacustres de color café con tonos amarillentos, de grano fino en ocasiones silicificada y con óxidos de fierro diseminados en la matriz, pequeñas drusas las cuales presentan desarrollo de cristales de calcita. En texturas de grano medio es común identificar un bandeamiento horizontal relleno de calcita secundaria y en ocasiones se localiza como relleno sílice (calcedonia), estas calizas tienen una capa de caliche en superficie cuando se encuentra expuesta, también se observan dendritas de manganeso diseminado en la roca. Asimismo, tienen estructuras circulares que están sustituidas por calcita. El espesor no está determinado, porque no aflora la base de las calizas, pero expuestos se tienen 75 m de espesor (Barrera-Hernández, et al., 1998). De acuerdo con datos Geoquímicos reportados, las calizas tienen una edad de 10.6 Ma, correspondiente al Mioceno tardío (Barrera-Hernández, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Unidad Arenisca y Toba riolítica (TmAr-TR)

Se ubica en la localidad Los Zapotes, al Sur de la localidad Matatlán y al Sureste del poblado Valle de Guadalupe, representa la unidad que separa claramente los depósitos de la Sierra Madre Occidental de los depósitos de la Faja Volcánica Transmexicana (Barrera-Hernández, et al., 1998).

En la localidad Los Zapotes, la unidad consiste de una intercalación de flujos de pómez blanca retrabajada en gradación normal y horizontes de ceniza de aproximadamente 30 cm de espesor, se encuentran inclinados 07° SE y con rumbo 30° NE y sobreyacen a los basaltos del Mioceno Tardío (Barrera-Hernández et al., 1999). La edad reportada para esta unidad es de 10.5 a 9 Ma, correspondiente al Mioceno tardío (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Unidad Basalto-Andesita (TmB-A)

Secuencia Máfica basal

Corresponde al primer evento magmático perteneciente a la Faja Volcánica Transmexicana. La secuencia está caracterizada por ser una unidad basáltica ampliamente distribuida desde la ciudad de Irapuato hasta la ciudad de Guadalajara. En toda su extensión estos basaltos han sido denominados de diferente manera: Basaltos San Cristóbal, alrededor de Guadalajara; Secuencia Máfica del Río Santiago, en los altos de Jalisco. Por su distribución tan amplia dentro de la zona de estudio, estas rocas del Mioceno Tardío guardan relación con varias de las unidades identificadas en el área de estudio.

Los basaltos se encuentran intercalados con andesitas y tobas andesíticas fuertemente fracturadas y afectadas por fallas normales; sin embargo, en otras secciones esta unidad tiene una ignimbrita intercalada de color café rojiza, semicompacta, de 4 m a 5 m de espesor, con clastos de pómez blanca de líticos negros, soportados en una matriz de ceniza y cristales. Las edades isotópicas publicadas sugieren que el desarrollo de este vulcanismo basáltico ocurrió entre 11 Ma y 8.9 Ma (Gómez-Tuena, et al., 2005).

DEPÓSITOS VOLCÁNICOS

Unidad Riolita-Ignimbrita (TmR-Ig)

Riolita-Ignimbrita El Obraje

Esta unidad se identifica como parte de la Sucesión Volcánica Palo Huérfano y consta de derrames de composición riolítica, color rojizo, muy compactos, con textura porfídica hacia la base y hacia la cima se observa una ignimbrita de color rojizo que intemperiza a marrón y en ocasiones con presencia de pequeños horizontes lenticulares de vitrófido color negro. Esta unidad de riolítas miocénicas aflora principalmente en la parte Sur del municipio de Moroleón, Mich. y se presenta formando acantilados labrados en derrames de gran espesor y son las típicas tobas riolíticas con textura masiva. Las tobas generalmente están espacial y genéticamente asociadas a la riolita y se caracterizan por tener una estructura compacta homogénea y textura equigranular, ocasionalmente bandeada y presenta argilitización ligeramente más desarrollada que la riolita (Vélez-Basurto, 2004).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

DEPÓSITOS DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Unidad Riolita-Toba andesítica (TmR-TA)
Sucesión Volcánica Zapotlanejo

Esta unidad se identifica como parte de la Sucesión Volcánica Zapotlanejo, la cual está expuesta a lo largo de una franja de dirección E-O, que se extiende desde la población de Zapotlanejo hasta Huascato. La sucesión volcánica está compuesta por una serie de domos riolíticos, junto con una sucesión ignimbrítica. Los domos presentan una fase piroclástica asociada, representada por depósitos de caída y flujos piroclásticos. Aunque el espesor de estos depósitos es variable, pueden alcanzar los 150 m. Las edades radiométricas reportadas para este vulcanismo están entre 7.2 Ma y 10.3 Ma. Dentro de la unidad TmR-TA se incluye la Ignimbrita Zapotlanejo, la cual fue fechada en 7.73 Ma y se distribuye de manera preferencial hacia el oriente de Guadalajara (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Unidad Toba riolítica (TmplTR)
Grupo Guadalajara

Esta unidad forma parte del conocido Grupo Guadalajara que se localiza al Norte de la ciudad de Guadalajara, al Sur de la localidad de Santa Ana de Guadalupe, Jal y al Oeste de la localidad Purísima del Rincón, Gto (Barrera-Hernández et al., 1999). La edad radiométrica reportada para esta unidad es de 7.2 Ma, correspondiente al Mioceno tardío (Barrera-Hernández, et al., 1998).

En algunas localidades este grupo consta de flujos de basalto de 5 m a 7 m de espesor con cristales de plagioclasa, hornblenda y olivino, intercalados con flujos piroclásticos de aproximadamente 1 m y 5 m de espesor, constituidos por horizontes con clastos de pómez y líticos subangulosos de rocas de composición riolítica en gradación norma. En cambio, en otras localidades la unidad está constituida por una amplia variedad de depósitos de composición riolítica que incluyen brechas, ignimbritas y riolítas, que están afectados por diques piroclásticos, orientados preferentemente de NW-SE y varían de espesor de 1 m a 3 m (Barrera-Hernández, et al., 1998).

VULCANISMO CALCO-ALCALINO DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Unidad Basalto-Andesita (TplB-A)

Esta unidad se distribuye al Norte, Sur y Este de la ciudad de Guadalajara, siendo sus afloramientos más extensos los que se localizan en los alrededores del lago de Chapala (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Las rocas que conforman la unidad TplB-A corresponden al vulcanismo calco-alcalino desarrollado durante el Plioceno Tardío, entre aproximadamente 2.5 y 5 Ma. La unidad está compuesta principalmente por andesitas y basaltos. Debido a su origen volcánico, es difícil estimar con precisión su espesor; sin embargo, las coladas lávicas generalmente no superan los 200 metros. Dentro de este conjunto, destaca un basalto con presencia de olivino y fenocristales de plagioclasa. Evidentemente, esta unidad se encuentra relacionada con los procesos de subducción asociados a la Trinchera Mesoamericana (Barrera-Hernández, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Unidad Toba andesítica (TplTA)
Ignimbrita San Gaspar
Ha sido encontrada en los alrededores de Guadalajara, donde fue definida, pero también aflora en lugares más distantes como el Semi-Graben de Zacoalco y al Sur de Cocula. Aún no es claro el significado geológico de estas ignimbritas, pero debido a su amplia distribución se le considera como una unidad independiente (Barrera-Hernández, et al., 1998).

La ignimbrita se caracteriza por la presencia de fiammes de color negro, formados por vidrio volcánico, cuya longitud varía entre 15 cm a 20 cm. Los fenocristales predominantes corresponden a plagioclasas, aunque también se identificaron piroxenos, hornblenda y biotita. El espesor de esta unidad ignimbrítica oscila entre 4 m y 25 m. Las edades radiométricas reportadas varían de entre 4.8 Ma y 4.9 Ma (Barrera-Hernández, et al., 1998).

DEPÓSITOS DEL PLIOCENO

Unidad de Calizas-lutitas (TplCz-Lu)
De manera general, esta unidad está conformada por carbonatos de calcio con terrígenos muy finos, los cuales contienen microfósiles.

Estas rocas afloran al Oeste de la ciudad de Guanajuato y se extienden sobre una amplia superficie, específicamente, la unidad está constituida por una alternancia arrítmica de calizas, lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, en colores generalmente claros, que tienden a rosa claro, de texturas muy variadas que pueden ser clásticas y forman pequeñas capas que van de 1 a 60 cm; para el caso de los conglomerados tienen espesores de hasta 3 m.; constituidos por fragmentos subangulosos de riolítas, ignimbritas y cuarzo, cuyos diámetros van de 2 a 15 cm y siguen rumbos que van de N10º-30°E, buzando al S4º-10ºW. La caliza fosilífera presenta un color gris claro, textura sacaroide por contener limos que forman pequeñas capas, con fósiles no identificados (Sánchez-González, 2004).

Estratigráficamente, este paquete de rocas sobreyace a las areniscas y conglomerados del Terciario (Neógeno) en forma discordante e infrayace a los conglomerados polimícticos. Estos depósitos tienen un origen continental-lacustre, con base en las relaciones de campo observadas, se les asigna una edad correspondiente al Plioceno Superior. El espesor del paquete sedimentario es de aproximadamente 60 m (Sánchez-González, 2004).

Unidad Conglomerado Oligomíctico (TplCgo)
Esta unidad no ha sido definida en la literatura geológica, pero ha sido descrita como un depósito compuesto predominantemente por fragmentos irregulares de riolita-ignimbrita, con diámetros que no superan los 15 cm. Los clastos se encuentran cementados por una matriz constituida por arcillas, limos y arenas finas. El conjunto presenta una coloración rojo ocre, una textura clástica y una disposición estructural en forma de terrazas aluviales. En la parte superior del paquete se han identificado restos fósiles de mastodonte, lo que aporta evidencia paleontológica relevante (Sánchez-González, 2004).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Estratigráficamente, esta unidad sobreyace de manera discordante a calizas y lutitas del Plioceno y el contacto superior no ha sido identificado. Con base en los restos fósiles encontrados, se le asigna una edad correspondiente al Plioceno. El espesor estimado de la unidad alcanza aproximadamente los 100 metros (Sánchez-González, 2004).

Unidad Toba Basáltica (TplTB)

La unidad está compuesta por cenizas volcánicas de color gris oscuro, presenta una textura piroclástica, en la cual se identifican fragmentos de calcita, feldespatos y vidrio volcánico. Estas rocas carecen de una estructura interna evidente, aunque tienden a disponerse en capas subhorizontales, con espesores que varían entre 1 y 3 metros (Sánchez-González, 2004).

Estratigráficamente, estas cenizas sobreyacen en discordancia erosiva a unidades más antiguas, tales como tobas riolíticas, riolítas - ignimbritas (ambas del Oligoceno-Mioceno) y basaltos del Mioceno. Su origen se asocia a un arco volcánico continental y con base en las relaciones de campo observadas, se les asigna una edad correspondiente al Plioceno Superior. El espesor total de la unidad no excede los 12 metros (Sánchez-GLZ et al., 1999). Se reconocen buenos afloramientos de esta unidad en el poblado de Palmarejo, Zacatecas, así como al Noreste de la ciudad de Guadalajara (Sánchez-González, 2004).

Unidad Arenisca-Toba riolítica (TplAr-TR)

Formación Chapala

Esta unidad se denominó Formación Chapala y se reportó que la fauna fósil en el fondo del lago es característica del Pleistoceno Tardío. Varios autores sugieren restringir el nombre de Formación Chapala para referirse a la secuencia vulcanosedimentaria que aflora al Norte de Chapala y que está basculada hacia el NE y es más joven que 3.4 Ma.

La unidad está compuesta de una alternancia de sedimentos lacustres y unidades piroclásticas de ceniza y pómez; los sedimentos incluyen conglomerados con fragmentos de andesita (< 3 cm), cuarzo, areniscas, limos, arcillas y diatomita; los horizontes de diatomita son generalmente delgados (< 0.4 m) de color blanquecino, con baja densidad y textura porosa; aunque algunas partes de la unidad conglomerática están silicificadas son diferentes de la secuencia expuesta al Norte, es posible que los horizontes silicificados estén relacionados con la actividad hidrotermal que ocurrió dentro de la cuenca hasta el presente (ej. área Ixtlán). Las variaciones del nivel del lago están registradas por las grietas de desecación, en ocasiones rellenas con travertino, (Barrera-Hernández, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Hacia el Noroeste de Chapala, en la población de Potrerillos, la secuencia vulcanosedimentaria es de aproximadamente 50 m de espesor y está caracterizada por su basculamiento hacia el Norte; se trata de una alternancia de sedimentos lacustres representados por limos, diatomitas y arcillas intercalados con conglomerados y depósitos volcánicos; el espesor individual de los sedimentos es menor de 4 m; los horizontes de ceniza son de 0.8 m a 12 m de espesor y el material piroclástico no está soldado y tiene pómez de 0.02 m - 0.22 m de diámetro soportados por una matriz vítrea. En la parte superior de la sección hay un horizonte de 0.8 m de espesor compuesto únicamente por pómez, el cual probablemente fue depositado en condiciones acuosas. En algunas áreas el espesor estimado es de 800 m, (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Una muestra de una lava de composición andesítica que subyace a la Formación Chapala cerca del poblado de San Antonio Tlayacapan dio una edad K/Ar de 3.4 Ma ± 0.2 Ma, por lo que su edad debe ser posterior, sin embargo, para el límite superior, tentativamente se le asignó una edad Plioceno, aunque bien pudiera ser Plio-Cuaternario. Evidentemente esta unidad está asociada al desarrollo de una cuenca tectónica continental.

Unidad Ignimbrita-Riolita (TplIg-R)
Ignimbrita Cuitzeo

A esta unidad se le asignó el nombre de Ignimbrita Cuitzeo, correspondiente a una sucesión de eventos volcánicos predominantemente ácidos, con menor proporción de material dacítico y andesítico. Dentro de la unidad se identifican estructuras volcánicas como conos, domos, lavas fluidales, depósitos piroclásticos y, en mayor proporción, ignimbritas (Montiel-Escobar, et al., 1998).

Las ignimbritas presentan un color rosa violáceo y muestran estructuras de fiammes, así como una textura microlítica-piroclástica. Mineralógicamente, contienen fenocristales de cuarzo, plagioclasas, fragmentos líticos y pumicita. Asimismo, se observan estructuras de flujo asociadas a paquetes de brechas volcánicas (Montiel-Escobar, et al., 1998).

Las dacitas, por su parte, son de color gris claro, con estructura compacta y fluidal. Exhiben una textura fanerítica de grano medio a grueso, compuesta por plagioclasas, cuarzo, fenocristales de piroxenos, hematita y cristales esporádicos de micas (Montiel-Escobar, et al., 1998). Los aparatos volcánicos responsables de estas unidades emergieron a través de grandes fisuras, afectando y cubriendo las unidades geológicas preexistentes.

Con base en la sobreposición estratigráfica y los datos radiométricos disponibles, que arrojan edades entre 2.8 y 0.14 millones de años, se establece que esta unidad se formó entre el Plioceno Tardío y el Pleistoceno (Montiel-Escobar, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Unidad Arenisca-Conglomerado poligénico (TplQptAr-Cgp)

Para el Plioceno-Pleistoceno, las condiciones se consideran fluvio-lacustres, con el depósito de arenisca, conglomerado (**TplQpt Ar-Cgp**) y en menor proporción limos vítreos, la unidad tiene de moderada a baja consolidación con interdigitaciones de delgados lentes de caliza. La arenisca, de textura clástica y matriz limo-arenosa a arenosa con detritos bien retrabajados de vidrio, cuarzo y menormente feldespato y líticos riolíticos. El conglomerado presenta clastos de 1 a 20 cm de diámetro de ignimbrita y riolita, subangulosos y escasamente retrabajados, soportados en matriz limo-arenosa con vidrio, abundantes granos de cuarzo cristalino moderadamente retrabajados y escaso feldespato y hematita. Se presenta en estratos delgados a medianos.

DEPÓSITOS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO TEQUILA

Unidad Andesita – Basalto (QptA-B)

En el Cerro Blanco (El Copal), al Sur de la ciudad de Irapuato y al Noroeste de la comunidad La Calera, afloran derrames de andesita basáltica color gris, de edad Cuaternaria que presentan una textura porfídica. Los minerales ferromagnesianos han sido alterados a clorita y epidota, los feldespatos están argilizados, el espesor de estos derrames es de 50 a 100 m.

DEPÓSITOS VOLCÁNICOS DEL CUATERNARIO

Unidad Piroclástica (QptPc)

Es representada por material volcánico, producto de erupciones volcánicas explosivas, como es la escoria (tezontle) y en ocasiones lavas de composición basáltica en general, como se observa en los cerros Caricheo y Pamaseo, al Suroeste de la ciudad de Moroleón. En otras localidades este material ha sido cubierto por suelos residuales, (Vélez-Basurto, 2004).

DEPÓSITOS DE LA CALDERA PRIMAVERA

Unidad Toba riolítica (QptTR)

Toba Tala

La localidad tipo se localiza inmediatamente al Occidente de la Ciudad de Guadalajara y corresponde a la fase inicial de la actividad volcánica de la Caldera La Primavera, que evidencia la fase explosiva en la historia de la caldera. Consisten de flujos piroclásticos de composición riolítica, representados por clastos de pómez carentes de matriz; en el rancho El Ancón (20°49’34”/103°16’54”) se observan con un espesor de aproximadamente 3 m, de color blanco amarillento, en horizontes que varían de 5 cm a 20 cm de clastos de pómez blanca, redondeada, de aproximadamente 0.5 cm de diámetro en promedio; en los pozos geotérmicos perforados por la Comisión Federal de Electricidad en la Caldera La Primavera, el espesor máximo de la Toba Tala fue de 600 m. La extravasación de esta unidad provocó el colapso anular que dio lugar a la formación de la estructura calderica. Las edades isotópicas sugieren una edad de 0.120 Ma, (Barrera-Hernández, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La Toba Tala estuvo asociada a su actividad, una fase efusiva que está representada por domos de composición riolítica (Qpt(R)) localizados en su periferia. El espesor de la unidad es variable, pero puede establecerse un promedio de unos 300 m. En el caso de los domos que se ubican en la caldera, sobreyacen a la Toba Tala y las edades isotópicas sugieren una edad claramente Cuaternaria para estas rocas. El cerro El Colli es el más joven de estos domos y tiene una edad de 0.035 Ma (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Unidad de Aluvión (Qhoal)

El depósito está conformado por materiales no consolidados, principalmente gravas, arenas, limos y arcillas, originados por la desintegración, transporte y depósito de rocas preexistentes. La unidad corresponde a un depósito continental que se localiza comúnmente en los márgenes de arroyos y en las partes superiores de los depósitos vulcanosedimentarios. Su espesor en algunas partes llega a ser de varios metros, debido a sus características texturales y composición, este material es frecuentemente aprovechado como suelo agrícola.

CUERPOS INTRUSIVOS

Unidad Diorítica (KapaD):

Diorita Tuna Mansa

Esta unidad es una roca intrusiva que se define como “Diorita Tuna Mansa”, por sus afloramientos en el poblado de Tuna Mansa y en los alrededores de El Jitomatal, La Palma, donde se presenta como una diorita de hornblenda-biotita, con enclaves de clinopiroxenita. Presenta facies gabróicas, en ocasiones con estructuras "flaser" (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

Está unidad se presenta de forma masiva a cristalina de tonos claros a oscuros, de composición diorítica principalmente, con facies graníticas, gabroicas y anfiboliticas. Su mineralogía está representada por hornblenda, plagioclasa, cuarzo, clinopiroxeno, así como minerales accesorios (apatita, clorita actinolita, epidota, sericita) minerales opacos (Sánchez-González, 2004).

Estas rocas se encuentran afectadas por numerosos diques y cuerpos de forma irregular de composición ácida, megascópicamente se clasifica como una granodiorita y muy localmente pudieran ser un granito; en la localidad del Cerro del Cubilete, se reportó un espesor mayor de 400 m (Sánchez-González, 2004) y una edad radiométrica en K/Ar, de 122.5 ± 5.5 Ma., correspondiente al Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano), (Alvarado-Méndez, et al., 1997).

Unidad Granítica (TpaeGr)

Granito Comanja

Esta unidad es una roca intrusiva granítica que aflora en Comanja de Corona y a lo largo de la sierra de León-Duarte-El Cubilete, presentando dimensiones batolíticas; para esta unidad se propone el nombre de “Granito Comanja” (Sánchez-González, 2004).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Esta unidad se presenta en color gris claro a marrón claro, de textura holocristalina porfirítica, los fenocristales que lo constituyen son de ortoclasa, plagioclasa y cuarzo, en una matriz compuesta por feldespato y cuarzo, que forman frecuentemente un intercrecimiento gráfico, los ferromagnesianos son escasos y se encuentran representados por biotita. Su composición principal es de granito, presenta variaciones texturales a monzonita y granodiorita. Se intemperiza en parte en forma esferoidal y deleznable y se encuentra intrusionado por diques aplíticos delgados, de pórfido cuarzomonzonítico, monzonítico, granodiorítico y ocasionalmente de diabasa (Sánchez-González, 2004).

El granito es una roca, petrográficamente, es una roca poco variable, con una mineralogía compuesta por cuarzo, plagioclasa (oligoclasa-andesina) ortoclasa y biotita como minerales esenciales y apatito, zircón y fluorita como minerales accesorios. La textura es holocristalina, inequigranular, de grano medio a grueso con grandes cristales euhedrales de ortoclasa embebidos en una matriz hipidiomórfica granular de grano medio (Alvarado-Méndez & Rodríguez-Trejo, 1998).

La edad de esta roca ha sido determinada radiométricamente por diversos autores, que reportan por el método de K/Ar en biotita, edades de 55 ± 4 a 58 ± 5 Ma. y 53 ± 3 a 51 ± 1 Ma., ubicando al batolito en el Paleógeno, entre el Paleoceno Superior y Eoceno Inferior (Pérez-Martínez, 2012).

Unidad de Gabro (ToGa):
Intrusivo Arperos-Nuevo Valle

Este intrusivo aflora en la ranchería de Arperos, así como al Sur y Suroeste de Nuevo Valle de Moreno y Noroeste de Santo Domingo denominándose informalmente como “Intrusivo Arperos-Nuevo Valle” (Alvarado-Méndez, et al., 1998). Es de color café oscuro a negro, de textura hipidiomórfica-granular, con cristales de plagioclasa sin orientación, piroxenos maclados y ortopiroxenos englobados en cristales de plagioclasa (Alvarado-Méndez, et al., 1998).

En algunos lugares el cuerpo intrusivo presenta variaciones en su composición, posiblemente debido a que, durante su trayectoria a la superficie, absorbió a rocas de composición ácida. Su color es de gris claro a café claro, con textura merocristalina, inequigranular-porfirítica (Alvarado-Méndez et al., 1997). Su mineralogía también es variable, ya que en porciones existe cuarzo reabsorbido, plagioclasa, biotita y anfiboles reemplazados por calcita y clorita (Alvarado-Méndez, et al., 1998).

Con base a su posición estratigráfica y a su edad determinada por el método de K/Ar que es de 24.7±1.3 Ma, se le ubica en la cima del Oligoceno. El origen esta unidad se asocia a intrusiones a través de fallas marginales (Alvarado-Méndez, et al., 1998).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

La ubicación del área de estudio se sitúa dentro de la provincia geológica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Esta vasta cadena de volcanes y cuencas, atraviesa el país de costa a costa, es el resultado directo y visible de la compleja interacción de las placas tectónicas, durante el Mioceno (Ferrari, et al., 2000). Sin embargo, su cercana posición a la Mesa Central y la Sierra Madre Occidental, ha fomentado una dinámica y estructuras complejas en toda la zona involucrada al recorrido férreo.

Esta colindancia es el escenario de una intensa deformación cortical impulsada por los esfuerzos tectónicos asociados principalmente a la subducción de la Placa de Cocos y la Placa de Rivera, la Placa Norteamericana; además de la interacción de entre el Bloque Jalisco, Bloque Michoacán y la Placa de América del Norte (Gómez-Tuena, et al., 2005). Este proceso genera el vulcanismo característico de la FVTM, además produce un campo de esfuerzos extensionales y de cizalla que fractura la corteza superior. Es esta energía cinemática la que permite y controla la generación de estructuras geológicas diversas y activas (Ilustración 23).

Las fallas a lo largo de toda el área del Tramo Irapuato - Guadalajara son el resultado de los graben e interacción de los procesos de subducción entre placas tectónicas. Los sistemas de rift, como el de Chapala, Colima o Tepic-Zacoalco, representan zonas donde la corteza continental comienza a separarse, un proceso fundamental en la ruptura de los continentes. La presencia del punto triple es la mayor evidencia de esta complejidad, actuando como puntos focales donde las tensiones tectónicas se concentran y liberan, definiendo la actividad sísmica y volcánica de toda la región circundante.

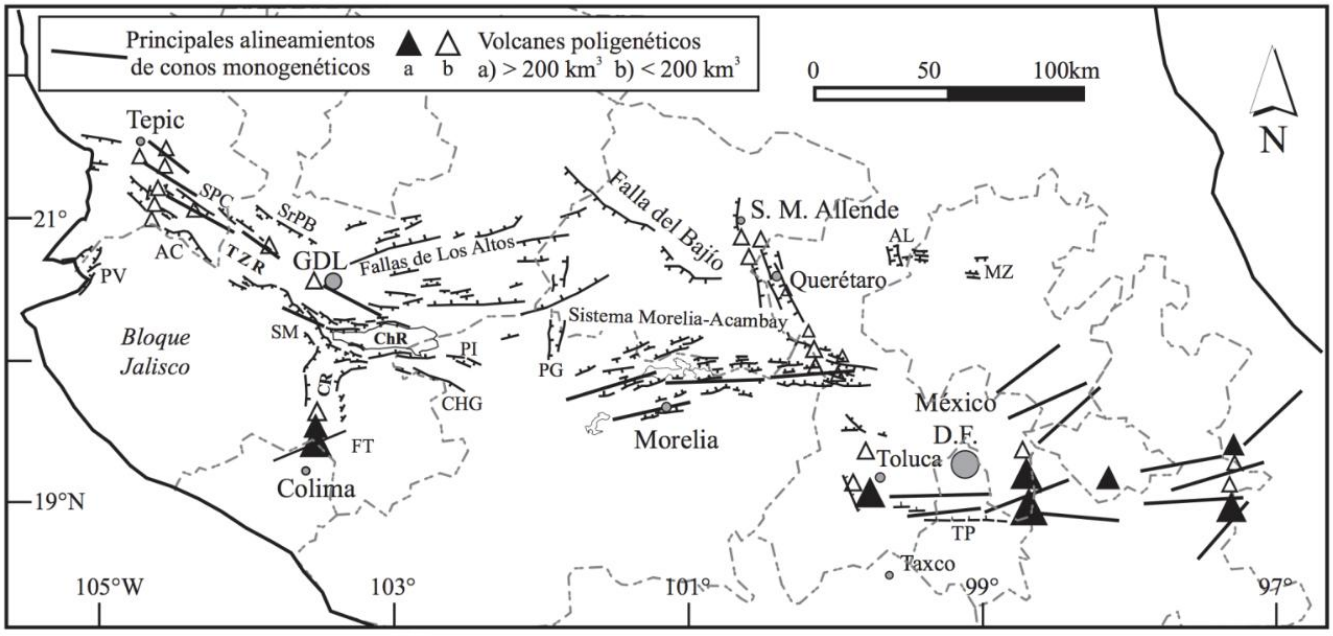


Ilustración 23. Arturo Gómez Tuena y otros, 2005, Relaciones entre los principales sistemas de fallas del Mioceno-Cuaternario.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Debido al tamaño del recorrido férreo, se puede denotar un cambio estructural y geológico a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, de esta manera se han identificado dos configuraciones significativas: el dominio estructural marcada por el estado de Guanajuato, sin olvidar de una pequeña área de Michoacán dominada por el sistema Morelia Acambay, al sur de Irapuato. y el dominio extensional activo de jalisco. Este segundo dominio es claramente más joven, dinámico y tectónicamente activo que el de Guanajuato.

El Sistema de Fallas Morelia-Acambay (SFMA) se localiza al Sur de la ciudad de Irapuato, constituyendo uno de los sistemas de fallas normales activas más importantes de México. Morfoestructuralmente, este sistema se caracteriza por presentar una orientación predominante de E-O a NE-SO (Nieto-Samaniego, et al., 2005), que controla la alineación de una serie de escarpes y graben en la topografía.

El SFMA representa un riesgo sísmico significativo, al tener un carácter de estructuras activas conformado por su constante movimiento sísmico, registrándose sismos históricos de magnitudes considerables de 8.0 (Mennella, Luca, 2011) causando daños en localidades aledañas. Este régimen deformacional está asociado al colapso gravitacional de la corteza adelgazada y al esfuerzo transtensivo resultante de la interacción entre los bloques corticales de Michoacán, Jalisco y la placa norteamericana. No obstante, es importante referir que para el área específica del proyecto se considera un nivel de riesgo bajo a moderado, condicionado principalmente por los efectos indirectos derivados de la sismicidad regional, tales como vibraciones del terreno durante eventos sísmicos de magnitud significativa. A escala regional, el proyecto se encuentra dentro de un contexto tectónicamente activo, por lo que se recomienda que el diseño y construcción de las obras consideren los criterios establecidos por la normatividad sísmica vigente.

El estado de Guanajuato, donde inicia el eje ferroviario, representa una geología estructural compleja y fundamental para comprender la transición entre grandes provincias fisiográficas de México. Este dominio se caracteriza por la conjunción de dos elementos estructurales principales como es la Sierra de Guanajuato y el Sistema de fallas del Bajío.

La Sierra de Guanajuato representa un basamento plegado y fallado del paleógeno - mesozoico, compuesto por secuencias sedimentarias marinas y vulcanosedimentarias intensamente mineralizadas (Distrito Minero de Guanajuato). Esta sierra actúa como un umbral topográfico y estructural que evidencia una historia deformacional previa, relacionada con los eventos compresivos del Eoceno-Oligoceno (Orogenia Laramide), la cual fue posteriormente afectada por la tectónica extensional neógena (del Pilar-Martínez, 2021).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El Sistema de Fallas del Bajío es la familia de discontinuidades del cenozoico más significativo en la región. Se trata de una zona de fallas normales de dirección preferencial NO-SE, las cuales buzan hacia el Suroeste y ejercen un control absoluto en la formación y subsidencia de la Cuenca del Bajío (del Pilar, 2020). Su importancia radica en que delimita morfoestructuralmente de manera clara y activa el borde Sur de la Mesa Central con el inicio de la FVTM (Ilustración 24). Esta falla regional controla la tectónica y sedimentación, así como el drenaje regional, dando forma al amplio valle donde se asientan ciudades como León, Silao e Irapuato.

La intersección de estos sistemas confiere a la región una alta complejidad neotectónica, donde la herencia estructural del basamento (Sierra de Guanajuato) interactúa con el Sistemas del Bajío, condicionando la sismicidad, el riesgo geológico y la estabilidad del terreno a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara.

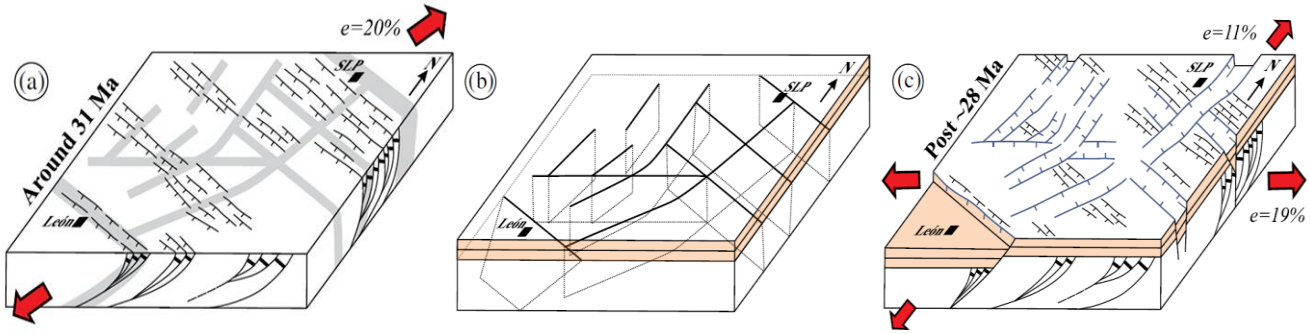


Ilustración 24. del Pilar 2020, Diagramas de bloques que muestran la evolución estructural del Oligoceno en la parte sur de la Mesa Central de México. (a) Configuración estructural hace 31 Ma con un sistema de fallas de dominó NW y límites entre los dominios de falla (líneas grises). (b) La parte naranja es la cubierta volcánica del Oligoceno medio que se encuentra sobre la red de fallas producida por fallas normal previas. (c) Desarrollo del sistema de fallas polimodal después de ~28 Ma como resultado de la actividad simultánea de todo el sistema de fallas bajo un campo de deformación triaxial. Las flechas rojas son las direcciones principales de extensión.

La transición estructural entre los dominios de Guanajuato y Jalisco no es un límite discreto, sino una amplia zona de deformación cortical extensional representada por el Graben de Penjamillo. Esta estructura geológica constituye una fosa tectónica, cuya extensión, geometría asimétrica y evolución geológica han estado controladas fundamentalmente por la interacción entre el basamento estable de la Mesa Central (hacia el Norte) y el levantamiento del basamento cristalino de la Sierra de Pénjamo (hacia el Sur), que actúa como un horst (*(CONAGUA, 2024)*; *(Suárez-Arias, et al., 2023)*). De esta manera se delimita el sistema de fallas Morelia Acambay con el Sistema Chapala.

El graben se manifiesta en el paisaje como una depresión alargada de orientación predominante NO-SE, que abarca desde la localidad de Penjamillo, Michoacán hasta la región de Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos, en Jalisco; aunque en esta área, las estructuras sufren una orientación NE-SO, debido a la interacción entre el proceso extensivo de la Mesa Central (Suárez-Arias, et al., 2023) con el sistema de fallas de los Altos de Jalisco.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La actividad geológica continua de estos sistemas estructurales es evidenciada por la presencia de la Falla Dolores, una discontinuidad normal activa detectada dentro del graben. Los desplazamientos Cuaternarios de esta falla afectan directamente a los sedimentos no consolidados y al terreno en el área de Purísima del Rincón, generando escarpes frescos, conocidos como Pilares Altos – Bajío (Gámez Ordaz, et al., 2019), modificando el patrón de drenaje local, lo que constituye un riesgo geológico directo por ruptura superficial y sismicidad asociada.

En conjunto, estas estructuras definen el límite Oriental del dominio estructural de Guanajuato y marcan la transición hacia el contexto volcánico activo de Jalisco, caracterizado por domos, volcanes monogenéticos y calderas asociadas a la dinámica del Eje Neovolcánico Transversal y la interacción de las placas tectónicas.

La geología estructural de Jalisco está fundamentalmente controlada por un régimen tectónico extensional activo de carácter regional. Este régimen es una respuesta directa a la compleja interacción geodinámica entre la Placa de Rivera y la Placa Norteamericana, en un contexto donde la primera se subduce bajo la segunda a un ángulo y velocidad diferentes a los de la vecina Placa de Cocos, generando esfuerzos extensionales al Norte del Bloque Jalisco (Rosas-Elguera, 2023).

La intensa actividad geológica propicio la configuración tectónica de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y del occidente de Jalisco, dominada por uno de los elementos geodinámicos más significativos de México: el punto triple de Jalisco. Este es una zona de interacción donde convergen e interactúan placas tectónicas: la Placa Norteamericana, el Bloque de Jalisco (o Terreno Jalisco) y el Bloque de Michoacán, de esta manera se originan los rifts Colima (al Sur), Chapala (al Sureste) y el de Tepic - Zacoalco.

El Bloque de Jalisco se interpreta como un fragmento de corteza continental independiente respecto a la placa Rivera, placa Norteamericana y Bloque Michoacán que se desplaza hacia el Noroeste con un movimiento de rotación antihorario. Este desplazamiento diferencial es la fuerza motriz principal detrás de la extensión cortical en la región (Arboleda-Zapata, 2018).

El sistema de falla Tepic – Zacoalco se manifiesta de manera predominante al NO de la MG orientación NO-SE. La estructura más significativa de este sistema es la familia de discontinuidades de Tepic-Zacoalco, con carácter continental que define un graben homónimo. Su actividad es evidenciada por escarpes bien preservados, sismicidad histórica y el control que ejerce sobre la alineación de volcanes recientes, como el volcán de Tequila (Díaz-Bravo, 2014).

El Bloque de Michoacán se comporta de manera más estable (aunque presenta actividad), pero está estructuralmente asociado y delimitado por el sistema de fallas Chapala (Díaz-Bravo, 2014), ubicado en los alrededores del lago homónimo y delimitado por el Graben Penjamillo.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Al Este del punto triple se localiza el rift de Chapala, una fosa tectónica de orientación E-O que alberga el lago más grande de México. Este sistema de rift está morfológica y estructuralmente delimitado por dos fallas normales maestras de carácter regional; Falla Pajacuarán e Ixtlán (ubicadas al Norte y Sur de la estructura, respectivamente). La actividad cuaternaria de estas fallas es evidente en los escarpes bien definidos y el control que ejercen sobre la geometría de la cuenca lacustre (Alatorre-Zamora, et al., 2015). El rift de Chapala actúa como el límite tectónico natural entre el Bloque de Michoacán y el Bloque Jalisco, acomodando una parte significativa del movimiento diferencial entre ellos.

Cabe aclarar que, si bien existen otros sistemas de fallas activas en la región, como el sistema de fallas de San Marcos (que incluye a las fallas El Madrileño y Las Vigas al sur ZMG), estos no constituyen los límites directos del rift de Chapala. El sistema de San Marcos representa una estructura independiente, aunque posiblemente relacionada, que acomoda parte de la deformación extensional regional al Sur de la ZMG (Castillo, et al., 2019).

Al NE de la ZMG se localiza el sistema de fallas de Los Altos, caracterizado por fallas de tipo normal con orientación NE-SO que intersectan parcialmente el trazado ferroviario. Estas fallas están asociadas al movimiento independiente del Bloque Jalisco, un fragmento de la corteza que se desplaza hacia el Noroeste en respuesta a la interacción de las placas tectónicas circundantes. Este desplazamiento ha propiciado la formación y activación de importantes estructuras geológicas al Noroeste de Guadalajara, como el rift Tepic-Zacoalco, que generan sismicidad local y contribuyen a la compleja dinámica tectónica que define los riesgos geológicos en el Occidente de México.

Paralelamente, el régimen extensional facilita el ascenso de magma, dando lugar a una intensa actividad volcánica cuaternaria. La Caldera de La Primavera, con erupciones registradas hace aproximadamente ~95,000 años (Rivera-Olguín, 2016), es un claro ejemplo de un sistema volcánico activo cuyo origen y ubicación están intrínsecamente ligados a la actividad del sistema de fallas Tepic-Zacoalco.

Con base al análisis geológico – estructural de toda la zona de estudio se ha podido determinar las principales estructuras que pueden afectar el recorrido férreo, estas se proyectan en la TABLA 16.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

C. LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS.

Los lineamientos geológicos son estructuras lineales presentes en la corteza terrestre que reflejan zonas de debilidad o discontinuidades en las rocas. Estas estructuras pueden estar asociadas a fallas, fracturas, diques, pliegues o contactos entre unidades geológicas, y suelen estar relacionadas con procesos tectónicos y deformaciones en litosfera (Twiss & Moores, 2007).

Tipos de lineamientos geológicos:

1. Fallas geológicas: Fracturas en la corteza terrestre donde ha ocurrido un desplazamiento relativo entre bloques. Pueden ser normales, inversas o de desgarre (transcurrentes) según el tipo de esfuerzo tectónico dominante (Scholz, 2019).

2. Fracturas y juntas: Son discontinuidades en las rocas sin desplazamiento significativo. Suelen influir en la circulación de fluidos subterráneos y la estabilidad de laderas (Dov-Bahat & Rabinovitch, 2005).

3. Diques y filones: Son cuerpos intrusivos de roca ígnea que cortan otras unidades geológicas en dirección lineal. Se forman cuando el magma se inyecta en fracturas preexistentes y solidifica (Best, 2013).

4. Pliegues lineales: Son estructuras resultantes de la deformación plástica de las rocas originadas por esfuerzos compresivos que generan ondulaciones en los estratos (Ramsay & Huber, 1987).

a. Metodología.

Para la elaboración del mapa de lineamientos geológicos (Ilustración 25), se utilizó información geológica a escala 1:50 000 y 1:250 000 obtenida del Servicio Geológico Mexicano (SGM) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que presenta las estructuras (fallas y fracturas) en la zona de estudio, con el objetivo de representar de manera estandarizada los elementos presentes a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara.

La información se procesó mediante un SIG, georreferenciando las cartas geológicas de la zona de estudio y ajustando los lineamientos geológicos obtenidos del INEGI respecto a la topografía observada. Los primeros resultados fueron conciliados con la información estructural publicada para asociar las estructuras encontradas con la geología regional y los eventos tectónicos de origen (edad de deformación).

Finalmente, para el análisis estructural, se estandarizó la simbología recopilada de diversas fuentes de información, tomando como referencia la simbología por el SGM. Esto se hizo con el propósito de representar de forma homogénea los elementos presentes a nivel regional y local a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

b. Resultados.

Para el tramo de Irapuato – Guadalajara, se identificaron diversas fallas geológicas que podrían ser de riesgo para la plataforma de la vía férrea. Los sistemas de fallas que afectarían directamente al trazo son; el Graben de Penjamillo (GP), el Sistema de Fallas Los Altos (SFA), el Sistema de Fallas de Chapala (SFC) y la Caldera de La Primavera (CP), ver Ilustración 25.

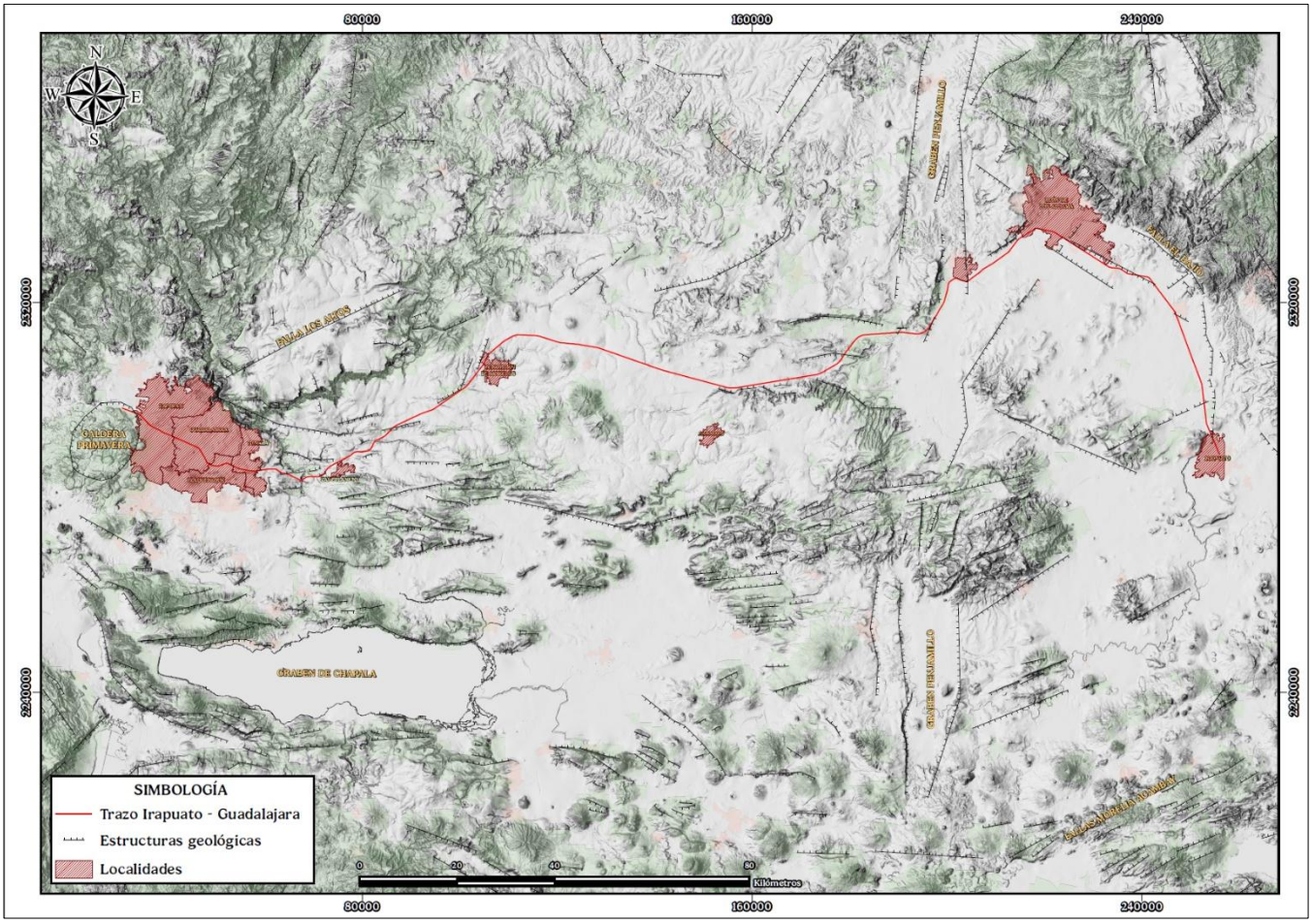


Ilustración 25. Defensa 2026, Mapa de lineamientos Geológicos del tramo Irapuato – Guadalajara.

Asimismo, se identificaron las zonas de interacción con el Tramo Irapuato - Guadalajara que se encuentran paralelas y perpendiculares (ver TABLA 16). Adicionalmente, aunque el Sistema de Fallas del Bajío (SFB) no hace contacto directo, su presencia podría generar inestabilidad en la plataforma ferroviaria.

Para la actualización de los lineamientos geológicos se anexaron las fallas activas identificadas por las brigadas de campo, las cuales se relacionaron con los resultados geofísicos obtenidos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 16. FALLAS GEOLÓGICAS IDENTIFICADAS PARA EL TRAMO IRAPUATO - GUADALAJARA.					
COORDENADAS (UTM)		LOCALIZACIÓN	TIPO DE ESTRUCTURA	NOMBRE Y REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA
X	Y				
254872* 204600°	2299152* 2356574°	Guanajuato	Falla normal	Falla del Bajío; del Rio, 2020	Paralela
220199* 208299°	2337255* 2329652°	León de los Aldama, Guanajuato	Falla normal	Falla sin nombre, Nieto Samaniego, 2023	Paralela
203970	2329081	San Francisco del Rincón, Guanajuato	Falla normal	Graben Penjamillo, Fitz Alvira, 2022	Perpendicular
199484	2331204	San Francisco del Rincón, Guanajuato	Falla normal	Graben Penjamillo, SGM, 2019	Perpendicular
779619	2325785	San Miguel el Alto, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Perpendicular
753066* 746815°	2324753* 2319004°	San Miguel el Alto, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Paralela
728414	2302760	Acatic, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Perpendicular
723416* 720637°	2297535* 2296302°	Acatic, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Paralela
699262	2282978	Zapotlanejo, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Perpendicular
698418	2281603	Zapotlanejo, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Perpendicular
688901	2280479	Zapotlanejo, Jalisco	Falla normal	Falla Los Altos. Gómez Tuena, 2005	Perpendicular
658727	2291528	Zapopan, Jalisco	Estructura de colapso (caldera)	Caldera Primavera Alatorre Mendoza, 1992	Perpendicular

Nomenclatura.
*: Coordenadas Iniciales.
°: Coordenadas Finales.
Nota.
Las coordenadas expuestas son la intersección entre la estructura con el Tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XII. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA

La zonificación es la subdivisión del Tramo Irapuato - Guadalajara bajo un criterio establecido, generándose una sectorización en función de los parámetros considerados, por lo tanto, define zonas relativamente homogéneas, con características geológicas, geomorfológicas y geomecánicas similares, donde se podrá identificar condiciones fundamentales para prevenir algún problema.

Las zonas y su distribución espacial se establecieron a partir de la litología, geoformas dominantes, presencia de estructuras geológicas (fallas), calidad del macizo rocoso, origen, afectación por riesgos; es decir, información recopilada y mapas geológicos, hidrológicos, de topoformas y de riesgos (deslizamientos, inundación, lineamientos geológicos, suelos colapsables y expansivos y sismicidad), fotointerpretación y datos adquiridos durante los levantamientos de campo sobre macizos rocosos. Además de, considerar las posibles problemáticas que podrían ocurrir y su mitigación.

Se analizaron los elementos que desde un punto de vista de ingeniería podrán tener influencia en la estabilidad del terreno, en la generación de amenazas y en el comportamiento de futuras obras civiles. La finalidad es identificar los materiales del suelo y el subsuelo para que, en etapas posteriores, se seleccionen y en caso de que lo requieran, se traten en las cimentaciones y construcciones de obras civiles.

A. METODOLOGÍA

Una vez adquiridos los datos de macizos rocosos en campo, se visualiza la información en Sistemas de Información Geográfica lo que permite identificar las tendencias de las rocas en cuanto a parámetros como calidad de roca, estabilidad e índices de esfuerzos. Sin embargo, para una mejor visualización se procedió a generar un análisis geoestadístico con los datos puntuales de calidad de roca en estaciones geomecánicas, se corrió un proceso de interpolación conocido como IDW (Distancia Inversa Ponderada) donde, para predecir un valor en ubicaciones sin medición, se asignan los valores medidos que rodean a las ubicaciones de predicción. Durante la interpolación, se limitó el área de influencia con un buffer de 1 Km con respecto al eje del trazo con el propósito de obtener un mapa que muestre las variaciones de los parámetros geomecánicos de las rocas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara.

Sin embargo, para delimitar las zonas geológicas con mayor certeza, el plano de salida que muestra las tendencias del índice de esfuerzos en las roca a lo largo del trazo, se cotejó con: las litologías dominantes y su origen; las morfologías dominantes en función de las rocas aflorantes; la influencia de fallas geológicas activas perpendiculares y paralelas al eje del Tramo Irapuato - Guadalajara, se verificaron los puntos de intersección y/o la distancia a la que se encuentra del proyecto; el riesgo por inundación analizado en función de zonas inundables, número de microcuencas y tipo de drenaje; el riesgo por suelos colapsables y expansivos asociado a suelos arcillosos y al riesgo por subsidencia; también se tomaron en cuenta los riesgos por deslizamientos de laderas y sismicidad. Una vez definidas las zonas geológicas se realizó un análisis estadístico a los datos de estaciones

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

geomecánicas de cada zona para definir la calidad y estabilidad del macizo rocoso, se calculó el RMR ponderado de las estaciones geomecánicas considerando la distancia entre puntos, Ecuación 4:

Ecuación 4

$$\overline{RMR_{EG\,P}} = \frac{RMR_{EG1} * D_1 + RMR_{EG2} * D_2 + \cdots + RMR_{EGn} * D_n}{\sum_{i=1}^{n} D_i}$$

Donde:

$RMR_{EG\,P}$= Clasificación del macizo rocoso ponderado
RMR_{EG}= Clasificación del macizo rocoso de cada Estación Geomecánica
D= Distancia entre estaciones geomecánicas

Ecuación 5

$$\overline{RMR_{EG\Delta}} = \frac{\Sigma_{i=1}^{N} RMR_{EG\,i}}{N_{EG}}$$

Donde:

$\overline{RMR_{EG\Delta}}$=Clasificación del macizo rocoso aritmético
RMR_{EG}= Clasificación del macizo rocoso de cada Estación Geomecánica
N_{EG}= Número total de estaciones geomecánicas

Ecuación 6

$$Distancia = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Donde:

X_2 - X_1= Longitud entre los componentes X (mE) de las estaciones
Y_2 - Y_1= Longitud entre los componentes Y (mN) de las estaciones

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El análisis descrito permitió una caracterización detallada de cada zona geológica del Tramo Irapuato - Guadalajara, obteniendo un total de 8 zonas, como se muestra en la TABLA 17.

TABLA 17. PARÁMETROS BASE PARA DEFINIR LA ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA.

ZONA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cadenamiento	000+000 – 053+000	053+001-090+000	090+001-121+000	121+001-161+000	161+001-181+000	181+001-191+700	191+701-253+000	253+001-284+730
Calidad de la roca	Regular	Regular a Mala	Buena a Regular	Regular	Buena	Mala	Buena	Mala
Estabilidad de la roca	Parcialmente estable	Parcialmente estable a Inestable	Estable a Parcialmente estable	Parcialmente estable	Estable	Inestable	Estable	Inestable
Índice de esfuerzos	Muy Fracturada	Muy Fracturada a Fracturada / Perturbada	Fracturada a Muy Fracturada	Muy Fracturada	Fracturada	Fracturada / Perturbada	Fracturada	Fracturada / Perturbada
Litologías dominantes	Toba riolítica / Aluvial	Toba riolítica / Aluvial	Riolita-Toba riolítica	Toba riolítica / Aluvial	Basalto - Andesita	Basalto-Andesita / Residual	Andesita - Basalto	Toba Riolítica
Origen	Erupciones volcánicas explosivas y llanuras aluviales	Erupciones volcánicas explosivas y llanuras aluviales	Erupciones volcánicas explosivas	Erupciones volcánicas explosivas	Derrames volcánicos	Derrames volcánicos	Derrames volcánicos	Erupciones volcánicas explosivas.
Morfología	Llanura aluvial	Llanura aluvial / Meseta	Meseta con lomerío	Meseta / Llanura de piso rocoso	Lomerío / Llanura de piso rocoso	Lomerío	Lomerío / Valle de laderas	Lomerío
Zonificación por riesgos	Bajo a Medio	Medio a Alto	Medio a Alto	Bajo a Medio	Bajo	Bajo	Medio a Alto	Medio
Estructuras (lineamientos y fallas geológicas)	Fallas normales perpendiculares (intersección aproximada: Pk 003+000, Pk 011+000 y Pk 030+000)	Fallas normales paralelas (Pk 070+000 - 071+000 ≈ a 650 m del trazo) y perpendiculares (intersección aproximada: alrededor del Pk 058+000 y 083+000).	Fallas normales paralelas (Pk 095+500 - 099+00 ≈ a 450 m) y perpendiculares (intersección aproximada: en el Pk 096+500, Pk 140+000 y Pk 117+500)	Fallas normales paralelas al trazo. (Pk 137+000 - 145+000 ≈ a 450 m)	N/A	N/A	Fallas normales paralelas (Pk 195+00 – 199+000 203+000 - 209+000 ≈ a 200 m) y perpendiculares (intersección aproximada: Pk 220+000, 237+000, 246+000, 250+500) al trazo.	Estructura de colapso (intersección aproximada: Pk 281+500).
Riesgo por inundación	Bajo a Medio	Medio	Bajo a Medio	Muy Bajo a Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio a muy alto	Alto

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 17. PARÁMETROS BASE PARA DEFINIR LA ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA.								
ZONA	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**
Número de zonas inundables	2	4	2	2	0	0	1	1
Número de Microcuencas	20	10	29	15	11	10	68	7
Tipo de drenaje	Escorrentía subterránea	Escorrentía subterránea	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía superficial	Escorrentía subterránea
Suelos colapsables y expansivos	Riesgo Medio a Alto	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo muy bajo a medio	Nulo	Nulo	Riesgo medio	Riesgo medio
Tipo de suelo	**Vertisoles** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Vertisoles** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Vertisol** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Vertisol** (grupo de las esmectitas: montmorillonita) – **Phaeozem** (horizonte poroso rico en humus)	**Planosol** (Caolinita, limos y arenas) - **Luvisol** (alto contenido de limos)	**Planosol** (Caolinita, limos y arenas) – **Luvisol** (alto contenido de limos**)**	**Luvisol** (alto contenido de limos) – **Phaeozem** (horizonte poroso rico en humus) – **Vertisol** (grupo de las esmectitas: montmorillonita)	**Regosol** (Suelo residual) – **Phaeozem** (horizonte poroso rico en humus)
Riesgo por subsidencia	De Medio a Alto	De Medio a Alto	Bajo	Bajo	Nulo	Nulo	Nulo	De Bajo a Medio
Riesgo por sismicidad	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio a Alto

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La representación gráfica de la TABLA 17 se presenta en el plano de zonificación geológica, la cual se generó a partir del eje del Tramo Irapuato - Guadalajara mediante un buffer de 1 Km, mostrando la respuesta geomecánica de las rocas en cada zona (Ilustración 26).

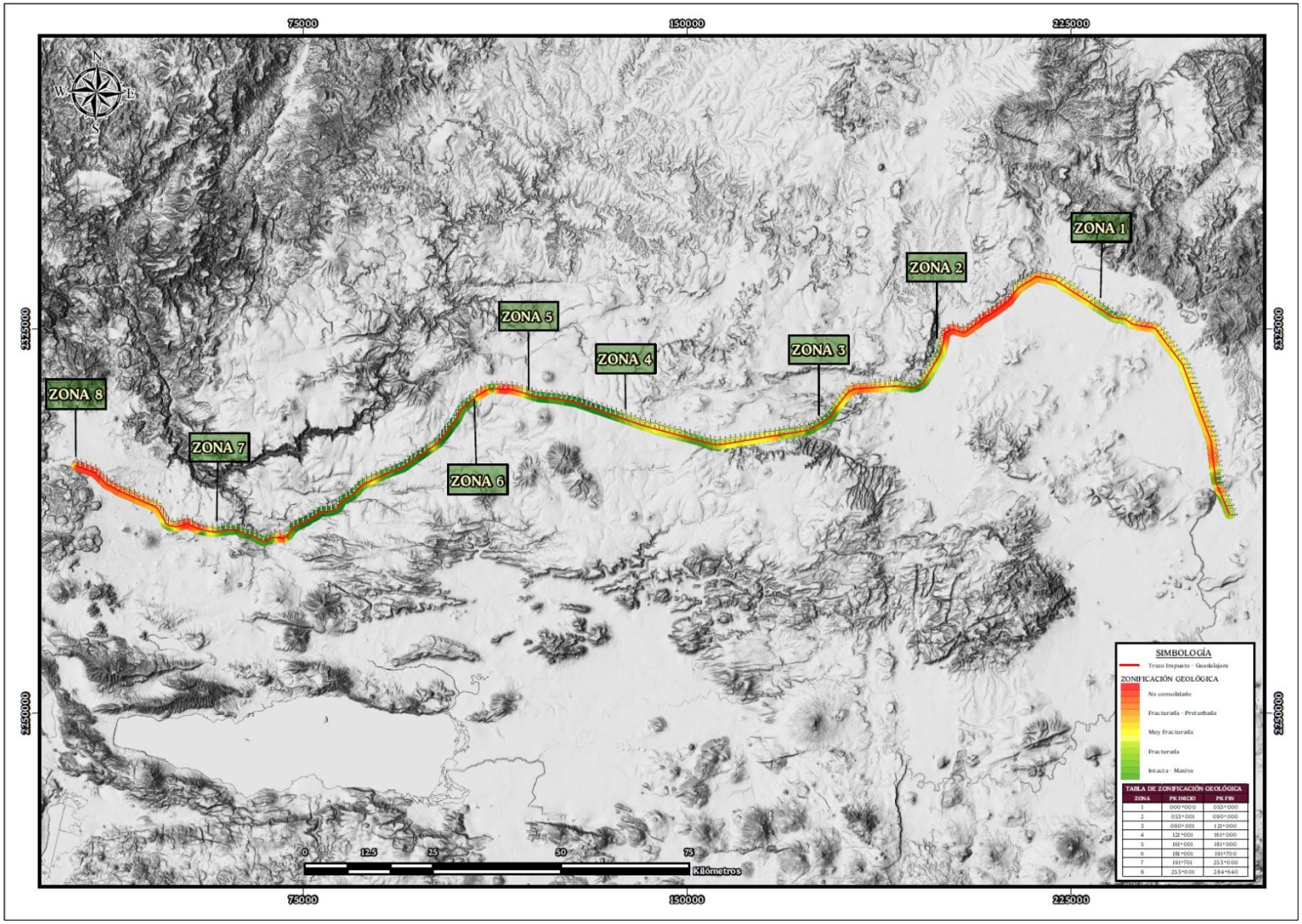


Ilustración 26. Defensa 2026, Zonificación geológica del Tramo Irapuato-Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. CARACTERIZACIÓN POR ZONA

a. Zona I

La zona I comprende los primeros 53 kilómetros del Tramo Irapuato - Guadalajara, desde Irapuato, pasando por Silao hasta llegar a la entrada sureste de León. Se caracteriza por una topografía de pendientes de suaves a subhorizontales, asociada a una morfología dominada por llanuras aluviales. Litológicamente, la zona está conformada por rocas ígneas extrusivas asociadas a actividad volcánica de tipo explosiva y escasos derrames de lava; así como, por unidades sedimentarias vinculadas a depósitos de detritos en ambientes de llanura aluvial. Dentro del primer grupo se identifican rocas de tipo andesita, basalto y tobas riolíticas, mientras que el segundo grupo está representado por conglomerados.

A pesar de la variabilidad litológica presente en la zona I, los macizos rocosos registraron una calidad de roca predominantemente de Clase III, lo que corresponde a una roca regular, parcialmente estables, donde domina un índice de esfuerzos muy fracturado, típico de macizos perturbados que forman bloques entrelazados y angulares. Cabe destacar que las tobas de composición riolítica constituyen la unidad litológica de mayor distribución en la zona. La información obtenida de las estaciones geomecánicas para la Zona I se resume en la TABLA 18, donde se presentan las unidades litológicas, los tipos de roca y los valores del índice RMR, que se analizó estadísticamente comparando el RMR aritmético con el RMR ponderado, calculado considerando la distancia de influencia entre estaciones. Los resultados muestran una alta concordancia entre ambos valores, con una diferencia aproximada de una unidad, por lo que ambos resultados clasifican a la zona I con una calidad de roca de Clase III.

De acuerdo a la zonificación de riesgo, la zona I se localiza en una región de riesgo bajo a medio. El área de Irapuato presenta un nivel de riesgo medio debido a la convergencia de riesgos como inundación, suelos colapsables y expansivos, así como estructuras geológicas (fallas), mientras que, en la porción norte disminuye gradualmente la reducción del riesgo por estructuras geológicas. Analizando de manera puntual cada riesgo para la Zona 1, destaca que:

Las estructuras geológicas que influyen en la zona son, fallas normales activas de los Sistemas Bajío y Morelia - Acambay, las cuales interceptan el eje ferroviario aproximadamente en el punto kilométrico 003+000 y 011+000, respectivamente.

El riesgo por inundación, está estrechamente relacionado con factores como subsidencia, morfología del terreno y actividades antropogénicas, por lo que, al ser un área topográficamente baja, típica de una llanura aluvial con posible subsidencia en la zona urbana de Irapuato por extracción desmedida de agua; aunado a la identificación de 2 polígonos de inundación dentro del eje ferroviario que reciben aportaciones provenientes de aproximadamente 20 microcuencas que al llegar a la región baja, de acuerdo a las características litológicas de la región, favorecen una mayor concentración y conducción de escorrentías subterráneas.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Otra variable relevante dentro del análisis de riesgos corresponde a la presencia de suelos expansivos y colapsables, que para la Zona I se consideran de importancia por la predominancia de vertisoles, aunado a su origen aluvial y al registro de hundimientos en las zonas urbanas de Irapuato y Silao, por lo que al evaluar el riesgo considerando los factores antes mencionados obtuvo que la Zona I tiene un probable riesgo de medio a alto por suelos expansivos y colapsables.

El análisis de riesgo por subsidencia, se evaluó en Irapuato y Silao de 2017-2019, resultando que la ciudad de Irapuato tiene un hundimiento anual de 30-40 mm/año aproximadamente, el cual se identifica entre el Pk 000+000 al 007+000 mientras que en Silao presenta valores de 25-30 mm/año, identificados entre el Pk 015+000 al 032+000.

Los riesgos asociados a sismicidad y deslizamientos de laderas son muy bajos, debido a la posición geográfica en la que se encuentra y a la morfología predominante de la región que corresponde a llanuras aluviales.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Descripción Geomecánica

A continuación, se presenta un resumen de las características geomecánicas más representativas de cada unidad litológica, a partir de las observaciones realizadas en campo y cuyos resultados se muestran en la TABLA 18.

TABLA 18. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA I (PK 000+000 - 053+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-001	Basalto	TmB-A	50-75	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Rugosa	75	70	II	Buena	Estable	Fracturada	2.02
TIG-EG-002	Toba riolítica	TplAr-TR	25-50	<0.06	>20	<0.10	Ligeramente rugoso	36	31	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	1.48
TIG-EG-003	Andesita	QptA-B	75-90	0.06-2.0	1a 3	1 a 5	Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	5.11
TIG-EG-005	Conglomerado	TplQptAr-Cgp	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	4.23
TIG-EG-006	Andesita	QptA-B	25-50	0.2-0.6	10 a 20	0.1 a 1.0	Lisa	49	44	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	13.05
TIG-EG-008	Toba riolítica	ToR-TR	<25	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Rugosa	46	41	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	6.03
TIG-EG-012	Toba riolítica	ToR-TR	<25	0.06-0.20	>20	>5	Muy rugosa	42	37	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	5.89
TIG-EG-013	Toba riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	<1	0	Rugosa	45	40	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	2.53
TIG-EG-015	Toba riolítica	ToR-TR	25-50	<0.06	>20	1 a 5	Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	3.55
TIG-EG-016	Toba riolítica	ToR-TR	25-50	0.6-0.20	3 a 10	1 a 5	Rugosa	51	46	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	2.85
TIG-EG-017	Toba riolítica	ToR-TR	<25	0.06-0.2	3 a 10	1 a 5	Rugosa	48	43	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	0.90
TIG-EG-018	Andesita	ToA	50-75	0.2-0.6	1 a 3	>5	Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	2.34

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La unidad ToR-TR, está conformada por tobas riolíticas, con características geomecánicas, según la clasificación RMR, correspondientes a Clase III, es decir, calidad regular, con condiciones de estabilidad parcial y una estructura muy fracturada.

La unidad ToA está constituida por andesitas que exhiben condiciones geomecánicas favorables, como una calidad de roca buena, comportamiento estable y estructura fracturada.

Sobre la unidad anterior se encuentra la unidad TmB-A, compuesta por basaltos que muestran características geomecánicas de macizos rocosos con calidad de roca buena, estables y una estructura fracturada (ver Ilustración 27).

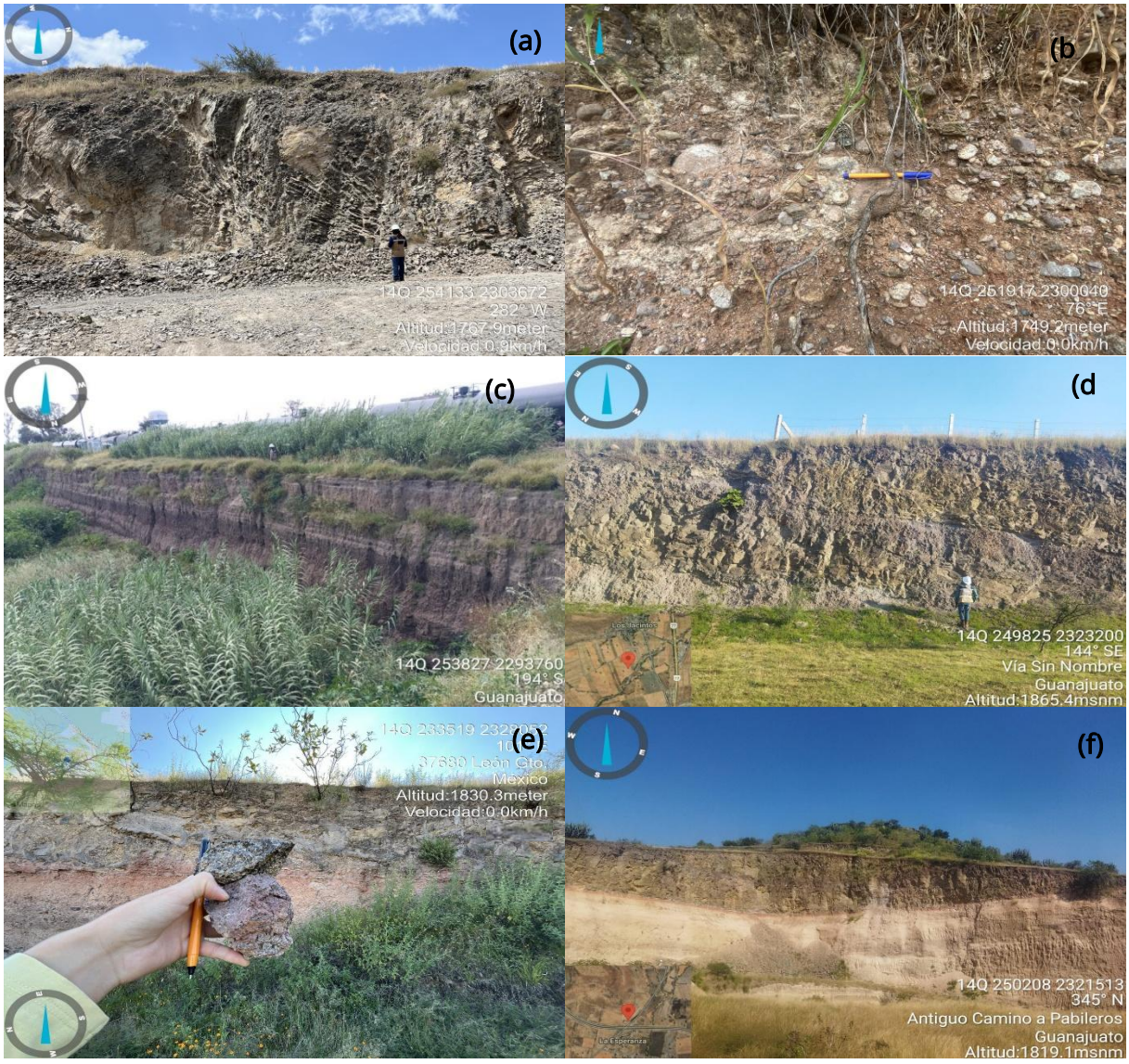


Ilustración 27. Defensa, 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica I. TIG-EG-006 andesita de la unidad QptA-B (a); TIG-EG-005, conglomerado de la unidad TplQptAr-Cgp (b); TIG-EG-002, toba de la unidad TplAr-TR (c); TIG-EG-011, basalto de la unidad TmB-A (d); TIG-EG-018, andesita de la unidad ToA (e); TIG-EG-009, toba riolítica de la unidad ToR-TR(f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O

La unidad TplAr-TR está formada por materiales piroclásticos que dieron origen a tobas riolíticas de mala calidad, inestables y una condición que varía de fracturada a perturbada.

Por su parte, los depósitos sedimentarios de la unidad TplQptAr-Cgp, constituidos por conglomerados de mala calidad, por lo que se consideran inestables y con alto índice de fracturamiento (fracturada/perturbada).

Finalmente, en la cima de la columna litológica local se emplazan las coladas correspondientes a la unidad QptA-B que están representadas por andesitas con una calidad de roca de regular, muy fracturadas y parcialmente estables.

2. Columna Litológica

De base a cima, la zona está constituida por ocho unidades litológicas, dominadas por materiales de origen ígneo, aunque también se reconocen depósitos sedimentarios representados por areniscas-conglomerados y depósitos aluviales, cabe mencionar que, en este apartado únicamente se describen las unidades reconocidas mediante las estaciones geomecánicas.

La unidad más antigua corresponde a la ToR-TR (Oligoceno), integrada por coladas de riolita y por material de origen piroclástico, el cual dio lugar a la formación de tobas riolíticas. La riolita presenta una coloración gris clara, mientras que la toba exhibe tonalidades beige con matices rojizos. La coexistencia de tobas y riolitas indica un episodio volcánico desarrollado en dos fases: una fase explosiva, responsable de la acumulación del material piroclástico, seguida de una fase efusiva caracterizada por el emplazamiento de coladas riolíticas.

Sobre esta unidad se dispone la ToA (Oligoceno), constituida por coladas de andesita de composición intermedia y textura afanítica. La roca presenta estructura masiva, coloraciones grises oscuro en muestra fresca y gris rojizo en muestras intemperizadas. Mineralógicamente está compuesta por plagioclasas, anfíboles y piroxenos.

Después de un periodo de inactividad volcánica, o no deposito, se encuentra la unidad TmAr-Cgp, esta unidad se caracteriza por la presencia de depósitos de gravas y arenas no consolidadas, con una estratificación generalmente poco definida. Los clastos son predominantemente de composición riolítica, aunque también se identifican, en menor proporción, fragmentos de origen andesítico.

La unidad TmB-A (Mioceno) corresponde a coladas de basalto de textura afanítica, emplazadas durante episodios de volcanismo efusivo posteriores a un periodo de inactividad volcánica para la región geológica. La roca presenta tonalidades grises oscuro en estado fresco y marrón rojizo en zonas alteradas. Está constituida principalmente por piroxenos, anfíboles y plagioclasas, y localmente exhibe textura vesicular generada por el escape de gases durante el enfriamiento de la lava.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O

Por encima se reconoce la unidad TplAr-TR (Plioceno), integrada por depósitos piroclásticos consolidados que forman una toba lítica de composición riolítica. Esta unidad presenta coloraciones marrones a pardo oscuro, una matriz areno-arcillosa con fragmentos líticos de composición riolítica distribuidos de manera heterogénea y una estructura de pseudoestratificación, evidenciando un nuevo episodio de volcanismo explosivo.

La unidad TplQptAr-Cgp (Plioceno-Pleistoceno) corresponde a depósitos detríticos constituidos por conglomerados con matriz areno-limosa de color marrón rojizo, asociados a la presencia de óxidos de hierro. Los clastos son subredondeados y presentan tamaños variables.

Finalmente, la unidad más joven corresponde al QptA-B (Pleistoceno), integrado por coladas de andesita y basalto. Estas rocas presentan texturas afaníticas, estructura masiva y un grado de fracturamiento de moderado a alto que favorece la formación de bloques. La andesita observada en campo presenta coloraciones grises con tonalidades pardas claras, composición intermedia y una mineralogía dominada por piroxenos y plagioclasas.

En la cima, o corona, de la columna, se encuentra la unidad Qhoal, del Holoceno y conformada por materiales no consolidados, principalmente gravas, arenas, limos y arcillas, originados por la desintegración, transporte y depósito de rocas preexistentes (Ilustración 28).

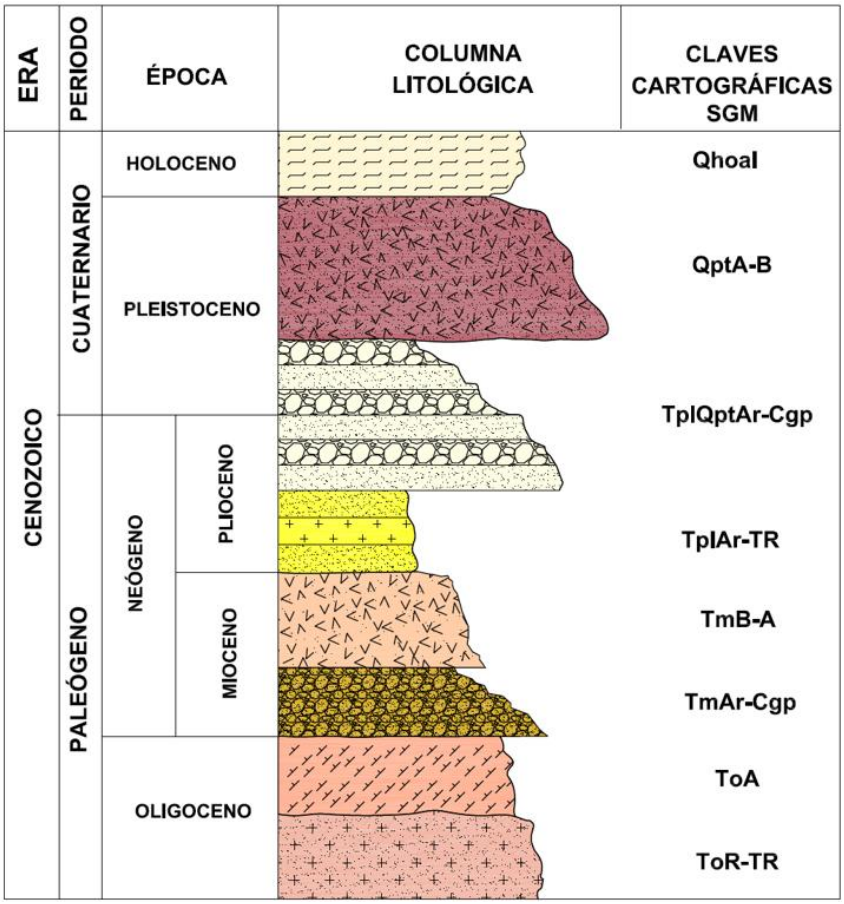


Ilustración 28. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica I

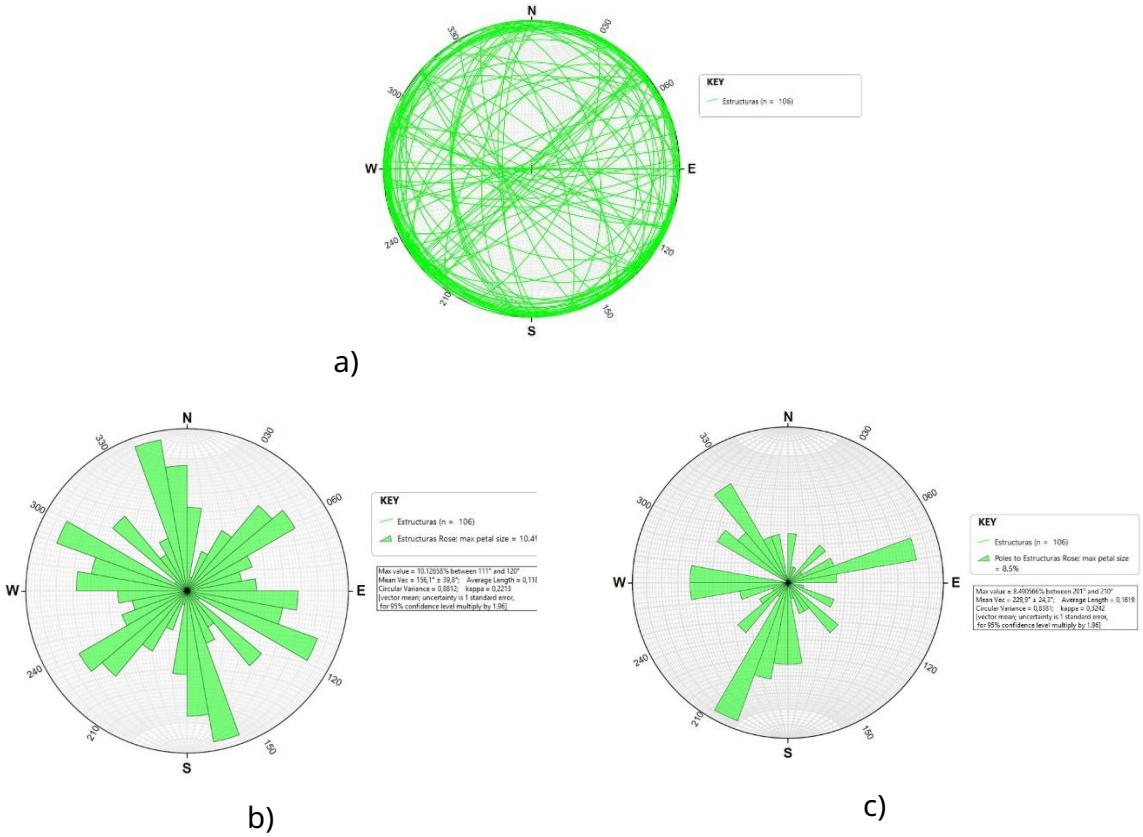
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O

3. Análisis Estructural

Durante la exploración geológica de campo, dentro de la zona uno, se recabaron 106 datos estructurales correspondientes a posibles fallas y fracturas, las cuales se interpretan como estructuras menores derivadas de sistemas regionales: Fallas del Bajío y Morelia - Acambay.

Se realizó la representación gráfica de la información en el software StereoNet, con el fin de obtener el estereograma y los diagramas de rosetas de rumbos y buzamientos para las estructuras, permitiendo identificar su predominio o tendencia (Ilustración 29).

Se identificaron dos familias de discontinuidades, la primera se define por presentar en los diagramas de roseta, mayor densidad de datos estructurales en la dirección SE-NW e inclinación (echado) SW; se relacionan a la falla del Bajío. Por otro lado, en la segunda familia se identificaron pétalos con menor concentración de datos, que indican una dirección predominante SW-NE y con inclinación hacia el NW; relaciona con el sistema de fallas Morelia-Acambay.



a)

b)

c)

Ilustración 29. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica I; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado,.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O

b. Zona II

La Zona II abarca 37 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, comprendidos entre el PK 053+001 y el PK 090+000, desde la porción sureste de León hasta la salida suroeste de San Francisco del Rincón, a la altura de la localidad de San Bernardo. Se caracteriza por una topografía controlada por fallas geológicas, donde la zona es interceptada por dos familias de discontinuidades; la primera, con dirección NE-SW que permitió la formación de la fosa del Bajío (depresión alargada delimitada por fallas normales que provocan el hundimiento del bloque central) en el que se localiza la ciudad de León, Guanajuato. En el sector Oeste de San Francisco del Rincón, el Graben Penjamillo con dirección Norte-Sur intercepta al sistema principal de fallas (NE-SW). La Fosa del Bajío está constituida en su mayoría por material aluvial y en menor proporción por tobas riolíticas. Sin embargo, los pilares por rocas ígneas extrusivas de origen piroclástico, representadas principalmente por tobas riolíticas, materiales originados por erupciones volcánicas de carácter explosivo (TABLA 19).

De acuerdo a los análisis geomecánicos, la calidad de los materiales de la Zona II es variable, de acuerdo con la clasificación RMR, predominando la Clase IV, es decir, una roca de mala calidad, con condiciones de estabilidad desfavorables y una estructura que varía de fracturada a perturbada. Sin embargo, la clase III, también predomina en la zona, describiendo a macizos con calidad de roca regular, parcialmente estables y con alto grado de fracturamiento. La baja calidad de roca en la zona es concordante con el dominio estructura de la región y la presencia de tobas riolíticas (ver Ilustración 30).

De acuerdo al análisis de riesgos, la Zona II pertenece a una región de riesgo medio a alto, por la convergencia de riesgos por fallas geológicas, inundaciones, deslizamientos y suelos colapsables y expansivos.

La Zona II tiene un dominio estructural definido por fallas normales activas, presumiblemente asociadas al Graben Penjamillo y a la Fosa del Bajío. En la porción este de la zona se aprecia la presencia de una falla normal de dirección NE-SW, que interseca el Tramo Irapuato - Guadalajara aproximadamente en el PK 058+000, al sur de la ciudad de León. Entre los PK 069+000 y 071+000 se observa una falla normal paralela al trazo, de dirección NE-SW y con distancia de 650 m al eje ferroviario. Mientras que, en la porción oeste de la zona, se presenta una falla normal de dirección Norte-Sur (Graben Penjamillo) la cual cruza perpendicularmente el trazo aproximadamente entre los PK 083+000 y 084+000.

El nivel de riesgo por inundación en esta zona, corresponde a un nivel medio, se asocia a diversos factores, como la morfología de llanura aluvial, los altos niveles de subsidencia y las actividades antropogénicas. Se identificaron tres lagos en las inmediaciones del Tramo Irapuato - Guadalajara, cuatro zonas inundables que reciben aportaciones de diez microcuencas a través de escorrentías de las zonas altas.

Otro de los riesgos considerados fue la presencia de suelos expansivos y colapsables en la zona se registró nivel medio por el posible dominio de suelos vertisoles, caracterizados por un alto contenido de arcillas expansivas, aunado a su origen aluvial, que los caracteriza por incrementar su contenido

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O

en agua, experimentar deformaciones volumétricas en forma súbita, seguido a una perdida muy rápida de su resistencia al esfuerzo cortante.

Los resultados del análisis por subsidencia, en León de los Aldama, Guanajuato, para el periodo 2017–2019, aportó resultados de interés que deberán considerarse en etapas de diseño: entre los PK 059+000 y 070+000, donde se registró un hundimiento promedio de 40 a 100 mm/año. Mientras que, entre los PK 053+001 y 059+000, así como entre los PK 070+001 y 076+000, se presenta una subsidencia promedio de 30 a 40 mm/año.

Por otro lado, los riesgos por sismicidad y deslizamientos son muy bajo para la zona II. Sin embargo, en las inmediaciones del Tramo Irapuato - Guadalajara, el riesgo por deslizamiento de laderas, entre los PK 065+000 y 066+000, a una distancia de entre 100 y 500 m, incrementa a nivel bajo, y a nivel medio alrededor del PK 070+000 al 072+000, por la morfología de falla de la región.

La caracterización geomecánica de la zona II va de clase III a IV En el sistema RMR, es decir, con calidad de roca de regular a mala, que en sectores puede presentarse de forma estable o inestable, así como fracturada o perturbada (TABLA 19)

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O

1. Descripción Geomecánica

A continuación, se presenta un resumen de las características geomecánicas más representativas de cada unidad litológica, a partir de las observaciones realizadas en campo, las cuales se realizaron mediante el levantamiento de estaciones geomecánicas, y cuyos resultados se muestran en la TABLA 19.

TABLA 19. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA II (PK 053+001 - 090+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-019	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	>2.0	3 a 10	0	Rugosa	57	52	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	9.28
TIG-EG-020	Toba Riolítica	ToR-TR	25-50	0.6-2.0	10 a 20	1 a 5	Rugosa	47	42	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	0.72
TIG-EG-021	Toba Riolítica	ToR-TR	25-50	<0.06	<1	0	Rugosa	49	44	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	3.20
TIG-PV-030	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	39	34	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.53
TIG-PV-031	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	0.06-0.20	10 a 20	1 a 5	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.64
TIG-PV-032	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	10 a 20	>5	Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	5.22
TIG-EG-023	Toba Riolítica	TmplTR	<25	<0.06	>20	>5	Ligeramente rugosa	31	26	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	4.13
TIG-PV-037	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	<0.06	10 a 20	>5	Rugosa	37	32	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.37
TIG-EG-024	Dacita	TmB-A	25-50	<0.06	1 a 3	1 a 5	Ligeramente rugosa	46	41	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	2.99

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La unidad ToR-TR, conformada por tobas riolíticas, presenta características geomecánicas desfavorables, pues posee una calidad de roca mala, con comportamiento inestable y un alto índice de fracturamiento (fracturada/perturbada).

Sobre la unidad anterior, se encuentra la unidad TmB-A que, para la Zona II, se encuentra representada por roca andesita con alto grado de alteración, por lo que sus características geomecánicas son propias de macizos rocosos con calidad regular, con condiciones de estabilidad parcial y una estructura muy fracturada.

Finalmente, se encuentra la unidad TmplTR, la cual se compone por tobas riolíticas de mala calidad e inestables, mostrando una condición de fracturada a perturbada (Ilustración 30).

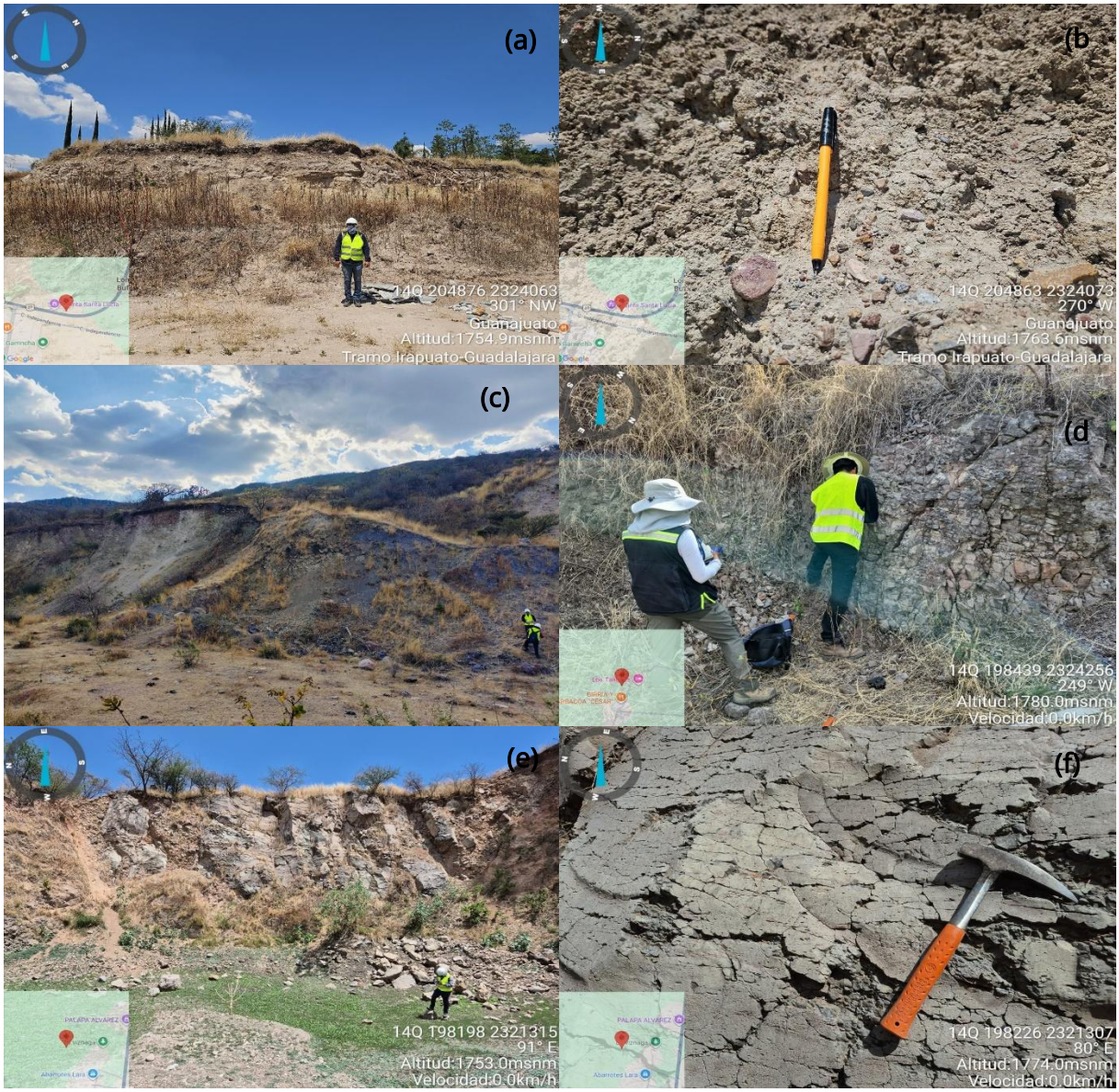


Ilustración 30. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica II. TIG-EG-023, toba riolítica de la unidad TmplTR (a y b); TIG-EG-024, roca dacita de la unidad TmB-A (c y d); TIG-EG-021, toba riolítica de la unidad ToR-TR (e y f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

La Zona II está conformada principalmente por rocas ígneas extrusivas, mediante el levantamiento de Estaciones Geomecánicas en las que se identificaron tres cuatro unidades litológicas mediante estaciones geomecánicas, que fueron complementadas con los resultados de puntos de verificación para la adición de una unidad más conformada por depósitos aluviales del Holoceno.

La unidad más antigua corresponde al Oligoceno (ToR-TR), está constituida por tobas riolíticas, generadas durante eventos eruptivos explosivos. Las tobas riolíticas presentan una estructura pseudoestratificada formada por una matriz de arenas y abundante material fino (cenizas) que contiene inmersos fragmentos líticos y cristalinos. Predominan colores claros, desde beige hasta marrón claro, mineralógicamente se constituye de cuarzo, feldespatos y plagioclasa.

Tras un periodo de inactividad volcánica, se encuentra la unidad TmAr-Cgp, compuesta por depósitos de gravas y arenas no consolidadas, con estratificación poco definida y predominio de clastos riolíticos, acompañados por fragmentos andesíticos en menor proporción.

Sobre esta unidad se emplaza la unidad TmB-A, correspondiente al Mioceno, que está representada por derrames dacíticos de textura afanítica con un grado significativo de alteración, presenta tonalidades moradas en muestras frescas y verde grisáceas claras en sectores alterados. Mineralógicamente, contienen feldespato y plagioclasa, además de clorita asociada a procesos de alteración.

La unidad de roca más superficial es la TmplTR, de edad Mioceno–Plioceno, constituida por tobas riolíticas de origen piroclástico. Estas rocas presentan una matriz compuesta por cenizas y arenas, con fragmentos líticos, además de cristales de cuarzo y feldespatos, sus tonalidades varían entre beige claro en muestras frescas y gris pardo claro en muestras alteradas, reflejando episodios eruptivos explosivos que generaron depósitos de material fino y fragmentos volcánicos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En la cima, o corona, de la columna litológica se encuentra la unidad Qhoal, del Holoceno, la cual se conforma por depósitos aluviales, estos depósitos están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados de origen continental, acumulados por procesos de erosión, transporte y sedimentación, y se distribuye principalmente en los márgenes de arroyos y llanuras aluviales (Ver Ilustración 31).

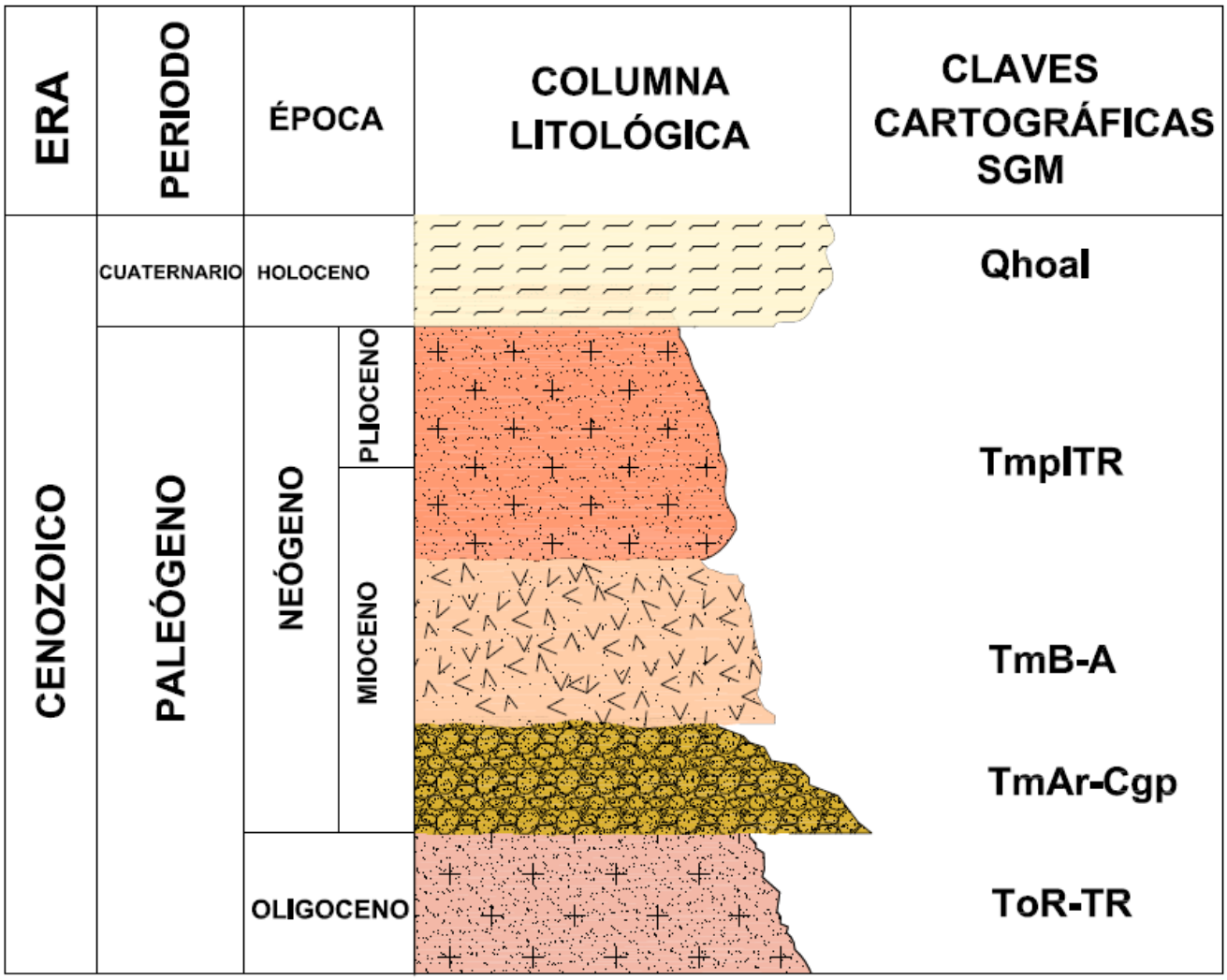


Ilustración 31. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica II.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis Estructural

Respecto a la Zona II, se recabaron aproximadamente 37 datos estructurales (Ilustración 52), correspondientes a fallas normales y fracturas asociadas a estas estructuras. Como se mencionó anteriormente, esta zona se caracteriza por presentar una topografía fuertemente controlada por estructuras geológicas de gran magnitud.

El análisis estructural, representado mediante estereogramas y diagramas de roseta, muestra una tendencia estructural dominante con dirección (rumbo) SW-NE e inclinación hacia el NW (echados), estas tendencias son correlacionables con el sistema de fallas Morelia – Acambay, localizada en las inmediaciones de la ciudad de León, Guanajuato. También, se identificó una segunda tendencia con orientación preferente SE-NW e inclinación hacia el SW, la cual guarda una estrecha relación con el Graben Penjamillo el cual forma parte de esta zona, ubicado al oeste de San Francisco del Rincón. De igual manera, el análisis estereográfico evidencia la presencia de concentraciones de menor densidad que conservan una orientación similar a las tendencias estructurales principales. Estas concentraciones sugieren la existencia de estructuras secundarias (mayormente fracturas), originadas como resultado de la evolución y propagación de los sistemas de fallas principales previamente descritos (ver Ilustración 32).

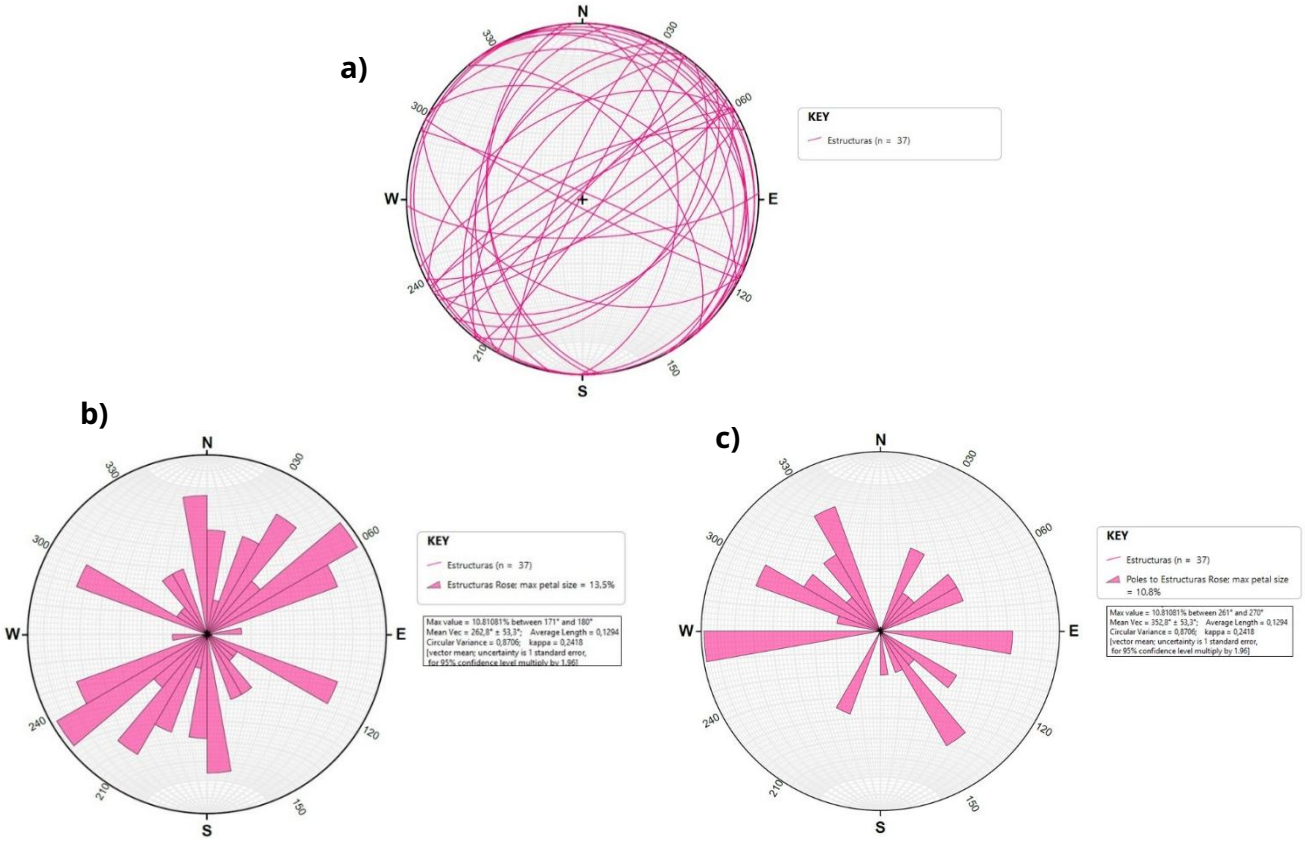


Ilustración 32. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica II; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echado,.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

c. Zona III

La Zona III comprende 31 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, inicia en el PK 090+001 y finaliza en el PK 121+000. Se extiende desde la localidad de La Descubridora, Guanajuato, hasta la localidad de Manuel Martínez Valadez, Jalisco. Las topoformas dominantes consisten en mesetas, lomeríos y, en menor proporción, por llanuras aluviales delimitadas por fallas geológicas normales.

La geología de la Zona se caracteriza por el predominio de unidades volcánicas entre las que destacan riolitas y tobas riolíticas, en menor proporción basaltos, andesitas y depósitos aluviales. El comportamiento geomecánico varía de clase II a III, con calidad de roca que va de buena a regular y estabilidad de buena a parcialmente estable, así como un índice de esfuerzos geológicos que oscilan de fracturados a muy fracturados (TABLA 20) como respuesta a las afectaciones por fallas normales con dirección E-W que interceptan el eje ferroviario y a los contactos litológicos que pueden o no estar asociados al tectonismo de la región. Lo anterior se evidencia entre los Pk 108+00 y 114+000 pues en este sector se aprecia la variación en la calidad del material.

En cuanto al análisis de riesgos, la Zona III presenta niveles de riesgo de medio a alto. En la porción este se concentra el riesgo alto debido a la convergencia de riesgo por inundación, suelos colapsables y expansivos, así como la presencia de fallas activas. Hacia el oeste, el riesgo disminuye gradualmente a nivel medio, principalmente por la reducción del riesgo de inundación, lo cual está asociado a las condiciones litológicas, morfológicas y estructurales de la zona. De manera puntual, analizando cada tipo de riesgo para la Zona III se tiene que:

Respecto al contexto geológico-estructural, se identifican fallas normales activas con orientaciones tanto paralelas como perpendiculares al eje del proyecto. Destaca una falla normal ubicada entre los Pk 095+000 y Pk 099+000, cuya orientación es prácticamente paralela al Tramo Irapuato - Guadalajara y lo intercepta aproximadamente en el Pk 096+500. En el Pk 104+000 por geofísica se identificó una falla normal que intercepta el trazo. Asimismo, en las inmediaciones del Pk 117+500 se reconoce una falla normal con dirección E-O que cruza el eje ferroviario.

El riesgo por inundación presenta un nivel medio en las áreas topográficamente bajas y disminuye hacia áreas más elevadas. Se identifican dos sectores susceptibles a inundación: el primero entre los Pk 090+001 y 091+800, y el segundo entre los Pk 107+650 y 112+000. Este último presenta mayor relevancia por la combinación de factores desfavorables, como la presencia de tobas riolíticas en contacto con depósitos aluviales de mala calidad (inestables y fracturados), en las inmediaciones de la Presa Vieja de Jalpa, que recibe aportes de 29 microcuencas a través de escurrimientos superficiales.

Uno de los riesgos de mayor peso para el sector, es el riesgo por deslizamiento de laderas que presenta niveles muy bajos. No obstante, entre en los PK´s 115+000 y 116+000 se registra un nivel de riesgo medio, derivado de la morfología de lomeríos con pendientes muy inclinadas.

El riesgo por suelos expansivos y colapsables, en esta zona está representado por la presencia de suelos de tipo vertisol, caracterizados por un alto contenido en arcillas expansivas. Por otro lado, los riesgos por subsidencia y sismicidad en la Zona III se clasifican como bajo y muy bajo, respectivamente, por lo que se consideran de bajo impacto.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Descripción Geomecánica

A continuación, se presenta un resumen de las características geomecánicas más representativas de cada unidad litológica, a partir de las observaciones realizadas en campo, obtenidas a partir de las observaciones de campo y de las estaciones geomecánicas, cuyos resultados se muestran en la TABLA 20.

TABLA 20. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA III (Pk 090+001 - 121+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (km)
TIG-EG-025	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	3 a 10	>5	Rugosa	61	56	II	Buena	Estable	Fracturada	4.97
TIG-EG-026	Riolita	ToR-TR	25-50	0.06-0.20	1 a 3	>5	Ligeramente rugosa	53	48	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	3.66
TIG-EG-027	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	1 a 3	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	5.70
TIG-EG-028	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.06-0.20	3 a 10	1 a 5	Rugosa	55	50	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	6.18
TIG-EG-029	Toba Riolítica	ToR-TR	<25	>20	1 a 3	1 a 5	Ligeramente rugosa	39	34	IV	Mala	Inestable	Fracturada-Perturbada	4.61
TIG-EG-030	Riolita	ToR-TR	25-50	0.6-2.0	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	51	46	III	Regular	Parcialmente Estable	Muy Fracturada	3.03
TIG-EG-031	Riolita	ToR-TR	50-75	>2.00	10 a 20	0	Ligeramente rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	5.34

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La unidad del Oligoceno (ToR-TR), dentro del cual se pueden encontrar dos tipos de roca. El primer tipo corresponde a una riolita con calidad de roca regular y parcialmente estable. Además, presenta una estructura muy fracturada. Por otro lado, el segundo tipo de roca corresponde a depósitos de tobas cristalinas de composición riolítica, donde el macizo rocoso se clasifica como de calidad regular y parcialmente estable. Asimismo, presenta una estructura muy fracturada.

La unidad del Mioceno (TmB-A) constituido por roca andesita, la cual se clasifica como de buena calidad geomecánica, con condiciones de estabilidad favorables y una estructura moderadamente fracturada (ver Ilustración 33).



Ilustración 33. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica III. TIG-EG-029, roca toba riolítica de la unidad ToR-TR A (a y b); TIG-EG-031, roca riolita de la unidad ToR-TR (c y d); TIG-EG-027, roca andesita de la unidad TmB (e y f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

La Zona III está constituida principalmente por rocas ígneas extrusivas, en las que, a partir de estaciones geomecánicas, se identificaron al menos dos unidades litológicas principales. Aunque la cartografía sugiere también la presencia de areniscas-conglomerados del Mioceno y depósitos aluviales del Holoceno.

La unidad más antigua corresponde al Oligoceno (ToR-TR), está constituida por un episodio eruptivo compuesto por dos tipos de roca: riolitas y depósitos piroclásticos. Las riolitas presentan composición félsica, textura afanítica y colores que varían de marrón rojizo claro a tonalidades más intensas; mineralógicamente contiene cristales de cuarzo, feldespato y plagioclasa. Por su parte, las tobas riolíticas corresponden a depósitos cristalinos con matriz de material piroclástico fino (cenizas), donde se observan cristales de cuarzo embebidos, con texturas líticas a cristalinas y colores claros con tonalidades beige y rojizas.

Posteriormente, después de un periodo de inactividad volcánica, se depositó la unidad TmAr-Cgp, integrada por gravas de composición riolítica y andesítica, embebidos en una matriz de arenas no consolidadas con estratificación poco desarrollada.

Posteriormente, en el Mioceno se reconoce la unidad TmB-A, constituida por andesitas de composición intermedia, matriz afanítica que contiene inmersos cristales de plagioclasas, piroxenos y anfíboles y estructura masiva, presentan color gris oscuro en estado fresco y grisáceo claro en estado alterado. Su presencia, en contacto o sobreyaciendo a las unidades oligocénicas, sugiere intervalos de inactividad volcánica o erosión entre eventos magmáticos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En la parte superior de la columna litológica se encuentra la unidad Qhoal del holoceno, consta de depósitos aluviales compuestos de gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados, acumulados por procesos de erosión, transporte y sedimentación, principalmente en márgenes de arroyos y llanuras aluviales (Ilustración 34).

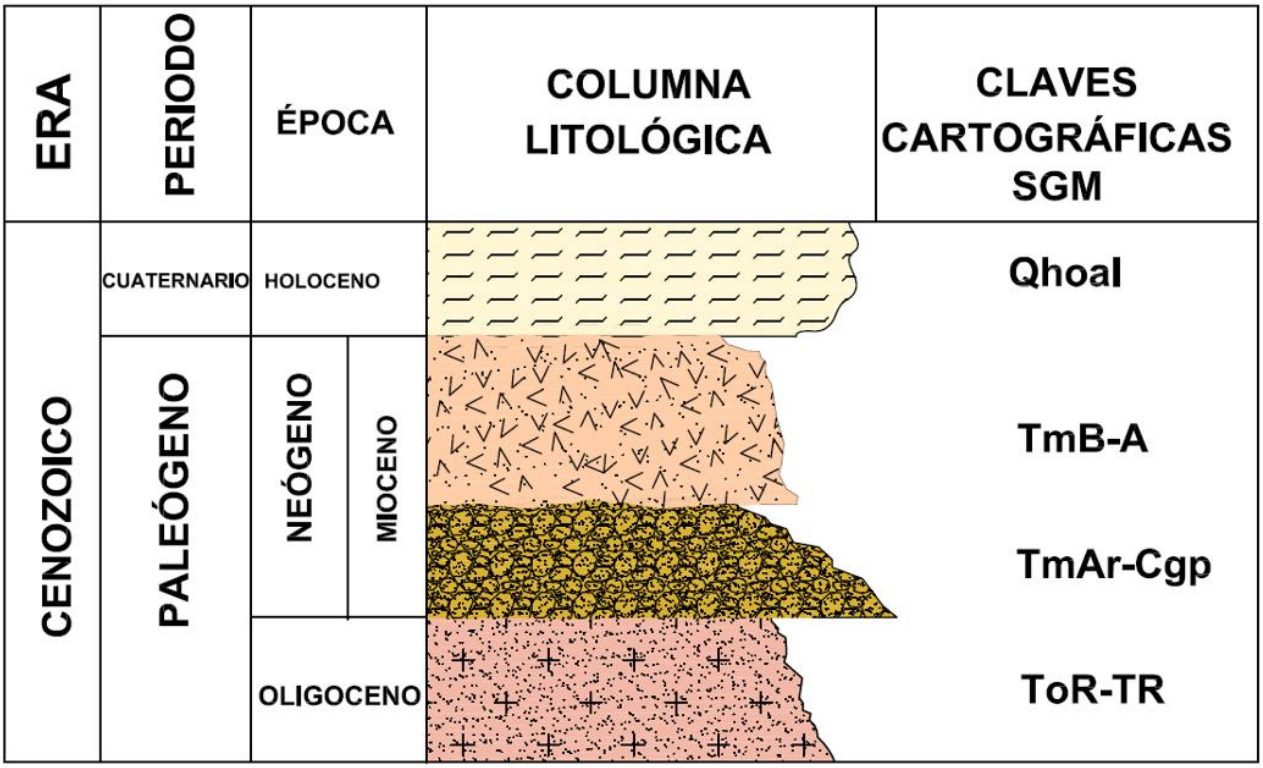


Ilustración 34. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica III.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis Estructural

En la Zona geológica III se recabaron aproximadamente 63 datos estructurales de fallas y fracturas a partir de los cuales se elaboraron estereogramas y diagramas de roseta que representan la densidad o frecuencia de las estructuras en función de su orientación e inclinación (Ilustración 35).

La tendencia estructural dominante, se determinó con base a la concentración de datos de las gráficas la orientación SW-NE con inclinación hacia el NW, es la familia predominante y coincide con el sistema de fallas de Los Altos, que se concentra en el extremo oeste de la Zona III. Por otra parte, se identifica una segunda tendencia estructural con orientación preferente N-NW-S-SE e inclinación hacia el E-NE, que guarda correspondencia con el Graben Penjamillo, ubicado en la porción Este de la zona geológica III.

Asimismo, el análisis evidencia la presencia de pétalos de menor densidad, cuyas orientaciones son prácticamente paralelas a las tendencias estructurales principales, como resultado de la evolución y propagación de los sistemas de fallas principales previamente descritos.

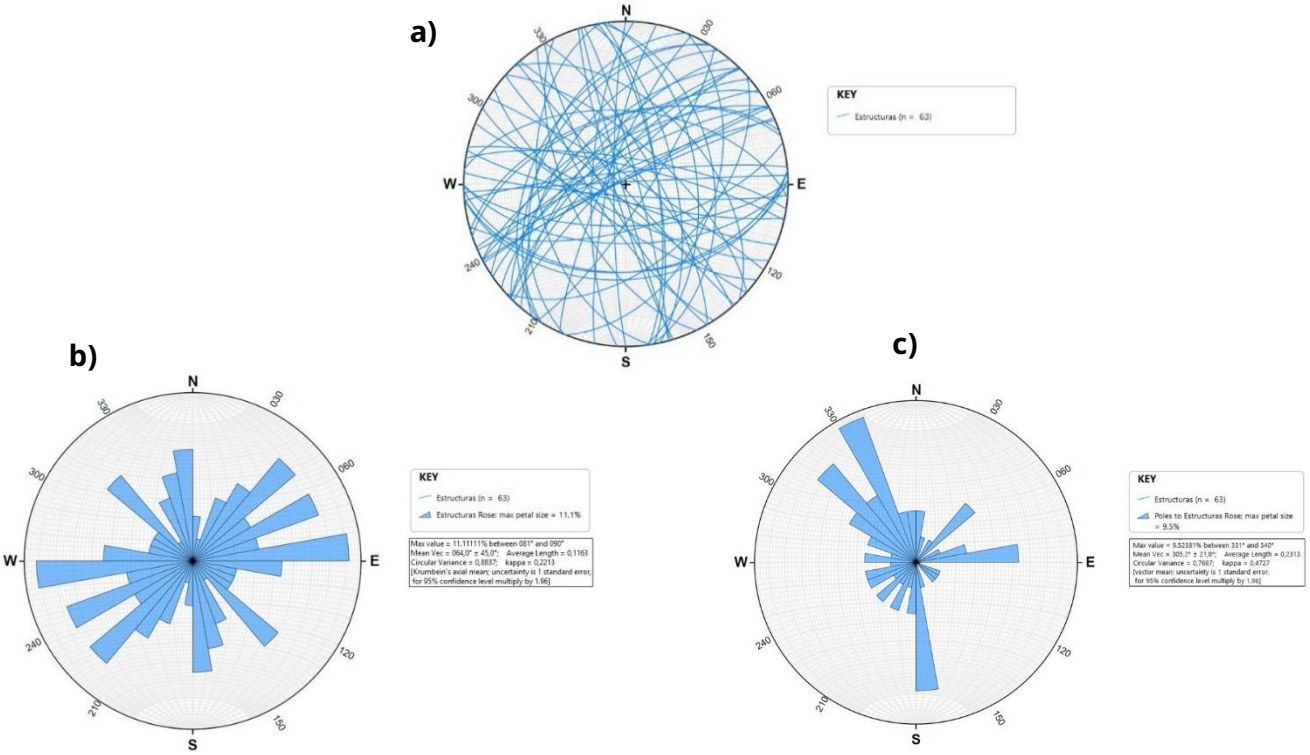


Ilustración 35. Defensa, 2026, Análisis estructural de la zona geológica III; a) Estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.

d. Zona IV

La Zona IV comprende los siguientes 40 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, inicia en el PK 121+001 y finaliza en el PK 161+000. Se extiende desde el poblado de Manuel Martínez Valadez hasta llegar al poblado de Tres Palos, ambos ubicados en el estado de Jalisco. La geología de la zona esta caracterizada por un dominio de unidades volcánicas, destacando las tobas riolíticas y en menor proporción andesitas, basaltos, riolitas y depósitos aluviales. Respecto al origen geológico de los materiales; las tobas riolíticas y las riolitas se forman a partir de erupciones volcánicas explosivas, mientras que las andesitas y basaltos provienen de derrames volcánicos de carácter efusivo. Las topoformas predominantes corresponden a llanuras de piso rocoso con superficies planas que se desarrollan en áreas topográficamente bajas, rellenas por cenizas volcánicas, así como regiones de mesetas creadas por coladas de lava. La configuración Este de la zona está influenciada por un Sistema de Fallas con dirección E-W.

El comportamiento geomecánico de la Zona IV corresponde a Clase III que, según la clasificación RMR, presenta calidad de roca regular, es parcialmente estable, además de presentar una estructura muy fracturada por la tectónica del área (ver TABLA 21).

De acuerdo al análisis de riesgo, la Zona IV presenta un nivel de riesgo que varía de bajo, en la porción Este a nulo, en la porción Oeste, la variación se debe a la convergencia de riesgos por inundación, deslizamiento de laderas, lineamientos geológicos, además de suelos colapsables y expansivos.

Respecto al contexto geológico-estructural, se identifican posibles fallas normales activas paralelas al Tramo Irapuato - Guadalajara entre los PK 137+000 y 145+000, ubicadas a una distancia aproximada de 450 m. Asimismo, en conjunto con la morfología del sector, estas condiciones favorecen un incremento en el riesgo de deslizamiento de laderas, particularmente entre los Pk 140+00-141+000, donde el nivel de riesgo pasa de muy bajo a alto.

El riesgo por inundación en la Zona IV se clasifica como muy bajo en la mayor parte del área. Sin embargo, se identifican dos zonas susceptibles a inundación entre los PK´s 145+300 - 153+000 y 157+000 - 160+000; que reciben aportes hídricos por escurrimientos superficiales de al menos 15 microcuencas.

En la Zona 4, el riesgo asociado a suelos expansivos y colapsables varía del sector oriental al occidental en función del suelo que predomina, la porción Este presenta un nivel medio por la abundancia de Vertisoles caracterizados por su alto contenido de arcillas expansivas, mientras que en la porción oeste el riesgo es muy bajo por el predominio de suelos ricos en Humus como el Phaeozem, que se caracterizan por una estructura porosa y un elevado contenido de materia orgánica TABLA 17.

En conjunto a los parámetros analizados con anterioridad, la baja incidencia de subsidencia y sismicidad permite considerar a la Zona IV con condiciones favorables para el desarrollo del proyecto, no obstante, en la ingeniería a detalle se deberán abordar los puntos críticos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Descripción Geomecánica

A continuación, se presenta una síntesis de las condiciones geomecánicas de las unidades rocosas identificadas en campo, utilizadas para la caracterización del macizo rocoso, cuyos resultados se muestran en la TABLA 21.

TABLA 21. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA IV (PK 121+001 - 161+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-033	Toba Riolítica	ToR-TR	25-50	0.6-2.0	1 a 3	0	Rugosa	67	62	II	Buena	Estable	Fracturada	0.92
TIG-EG-034	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	50	45	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	4.85
TIG-EG-035	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.6-2.0	3 a 10	0	Ligeramente rugosa	70	65	II	Buena	Estable	Fracturada	0.28
TIG-EG-036	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.6-2.0	1 a 3	<0.10	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	5.53
TIG-EG-037	Toba Riolítica	ToR-TR	50-75	0.06 a 0.20	3 a 10	1 a 5	Ligeramente rugosa	54	49	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	3.97
TIG-EG-038	Toba Riolítica	TmplTR	75-90	0.2-0.6	1 a 3	>5	Ligeramente rugosa	56	51	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	6.86
TIG-EG-039	Toba Riolítica	TmplTR	50-75	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	6.47
TIG-EG-040	Toba Riolítica	ToR-TR	75-90	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	55	50	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	3.47
TIG-EG-041	Andesita	TmB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	>5	Ligeramente rugosa	42	37	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	5.00
TIG-EG-042	Basalto	TmB-A	25-50	0.06-0.20	1 a 3	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	48	43	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	7.94

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En la base de la secuencia litológica se encuentra la unidad ToR-TR, conformada por tobas riolíticas. Los macizos rocosos asociados presentan una calidad de roca regular, una condición parcialmente estable y una estructura muy fracturada.

Sobre la unidad anterior se encuentra la unidad TmB-A, integrada, en la Zona IV, por dos tipos de roca: andesita y basalto. Los macizos rocosos desarrollados en ambas litologías exhiben características geomecánicas similares, con una calidad de roca regular, una condición parcialmente estable y una estructura muy fracturada.

En la parte superior de la columna litológica se ubica la unidad TmplTR, constituida por depósitos piroclásticos que originan tobas de composición riolítica; esta unidad presenta una calidad de roca regular, una condición parcialmente estable y una estructura muy fracturada (Ver Ilustración 36).



Ilustración 36. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona geológica IV. TIG-EG-040, toba riolítica de la unidad ToR-TR (a & b); TIG-EG-041, roca andesita de la unidad TmB-A (c); TIG-EG-042, roca basalto de la unidad TmB-A (d); toba riolítica de la unidad TmplTR (e & f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

La Zona IV se caracteriza por estar conformada por rocas ígneas extrusivas. A partir de las estaciones geomecánicas y bibliografía, se identifican al menos cinco unidades litológicas.

En la base de la columna se identificó la unidad ToR-TR (Oligoceno), que consta de un evento piroclástico representado por tobas riolíticas de composición félsica, textura afanítica y buena consolidación. En afloramiento, las rocas presentan una coloración parda que varía de tonos claros a oscuros. Estas rocas se originaron a partir de erupciones volcánicas explosivas que generaron depósitos piroclásticos subhorizontales, compuestos principalmente por ceniza volcánica, partículas vítreas y fragmentos líticos.

Por encima de la unidad anterior, se encuentra la unidad TmB-A (Mioceno), que representa derrames volcánicos asociados a erupciones efusivas, de andesitas y basaltos. La andesita presenta composición intermedia, textura afanítica y coloración gris oscuro, se presenta en forma de bloques o estructura lajeada. El basalto, por su parte, exhibe composición máfica, textura afanítica y coloración gris oscuro con tonalidades rojizas.

Sobre la unidad anterior se posiciona la unidad TmplTR (Mioceno–Plioceno), que está conformada por un evento piroclástico que permitió el depósito de tobas riolíticas de composición félsica y textura afanítica. Las rocas presentan una matriz rocosa de color gris oscuro en estado alterado y tonalidades beige en muestra sana. Esta unidad se asocia a episodios volcánicos explosivos que generaron ceniza volcánica, partículas vítreas y fragmentos líticos que posteriormente se consolidaron.

Sobreyaciendo a la unidad TmplTR, se encuentra la unidad QptA-B, del Pleistoceno, conformada por coladas masivas de andesitas y basaltos, con un grado considerable de fracturamiento, generando bloques.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La unidad Qhoal, del Holoceno, ocupa la parte superior de la columna litológica y está integrada por depósitos aluviales conformado por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados, originados por procesos de erosión, transporte y sedimentación (ver Ilustración 37).

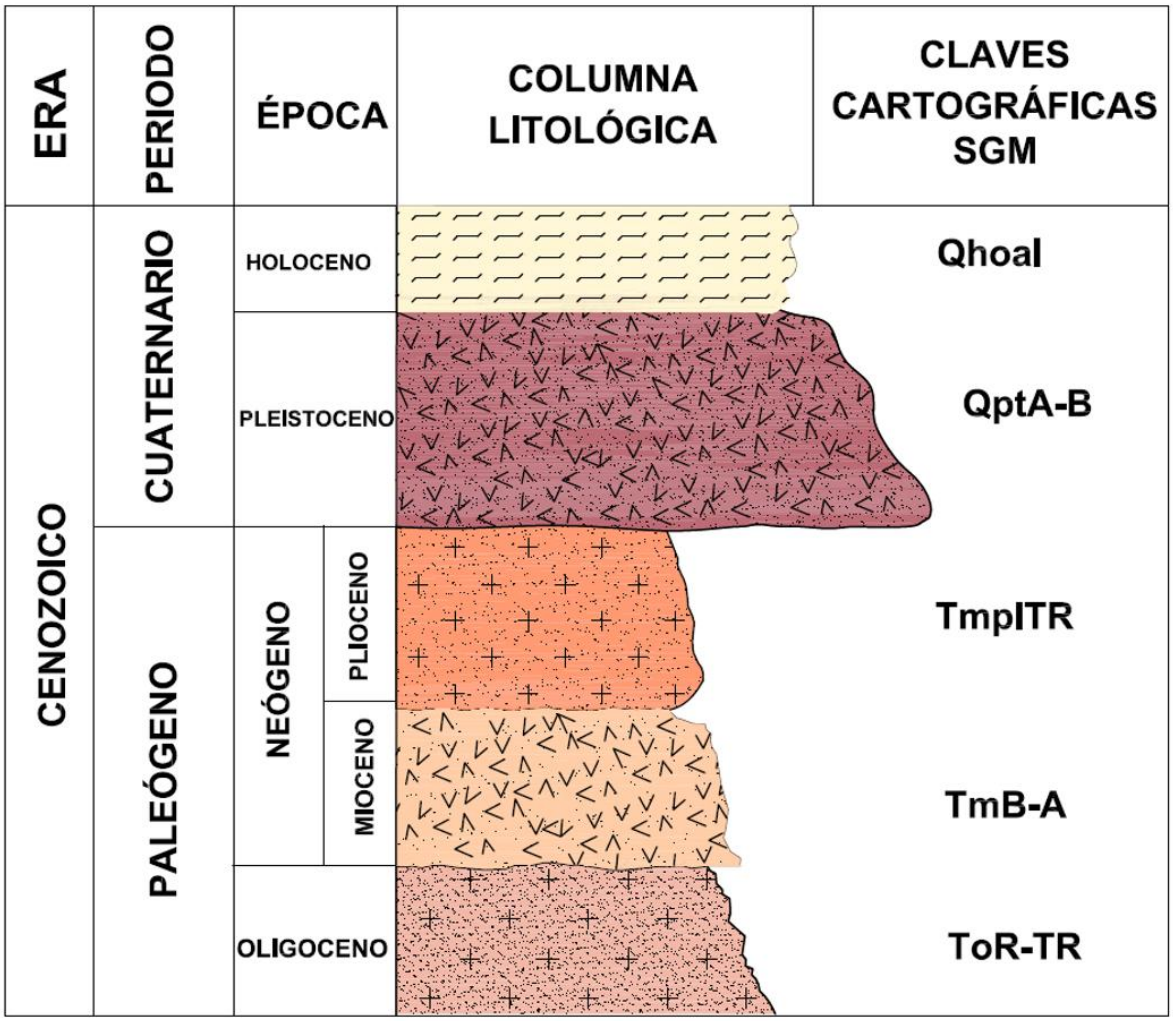


Ilustración 37. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica IV.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis Estructural

Dentro de la Zona IV se recabaron aproximadamente 70 datos estructurales, correspondientes a fallas geológicas y fracturas (Ilustración 38) El análisis estructural muestra que la tendencia dominante para la zona geológica presenta una orientación preferente SE-NW con inclinación hacia el SW, posiblemente aún asociadas al sistema del Bajío.

La segunda tendencia estructural corresponde a fallas y fracturas con dirección NE-SW e inclinación preferente hacia el SE, que forman parte del sistema Los Altos. Adicionalmente, los diagramas de roseta muestran pétalos de menor densidad que representan estructuras secundarias, interpretadas como fracturas generadas durante la evolución tectónica de los sistemas dominantes.

Cabe destacar que las fallas normales identificadas en las inmediaciones de la Zona IV son subparalelas al eje del proyecto y no lo intersectan directamente, por lo que no fueron levantadas en campo. Sin embargo, las fracturas asociadas, que presentan orientaciones e inclinaciones similares a las estructuras principales, fueron reconocidas en los macizos rocosos observados durante los trabajos de campo. Esta condición sugiere que, aunque las fallas principales no afectan de manera directa el Tramo Irapuato - Guadalajara, el fracturamiento derivado de su actividad puede influir en el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos.

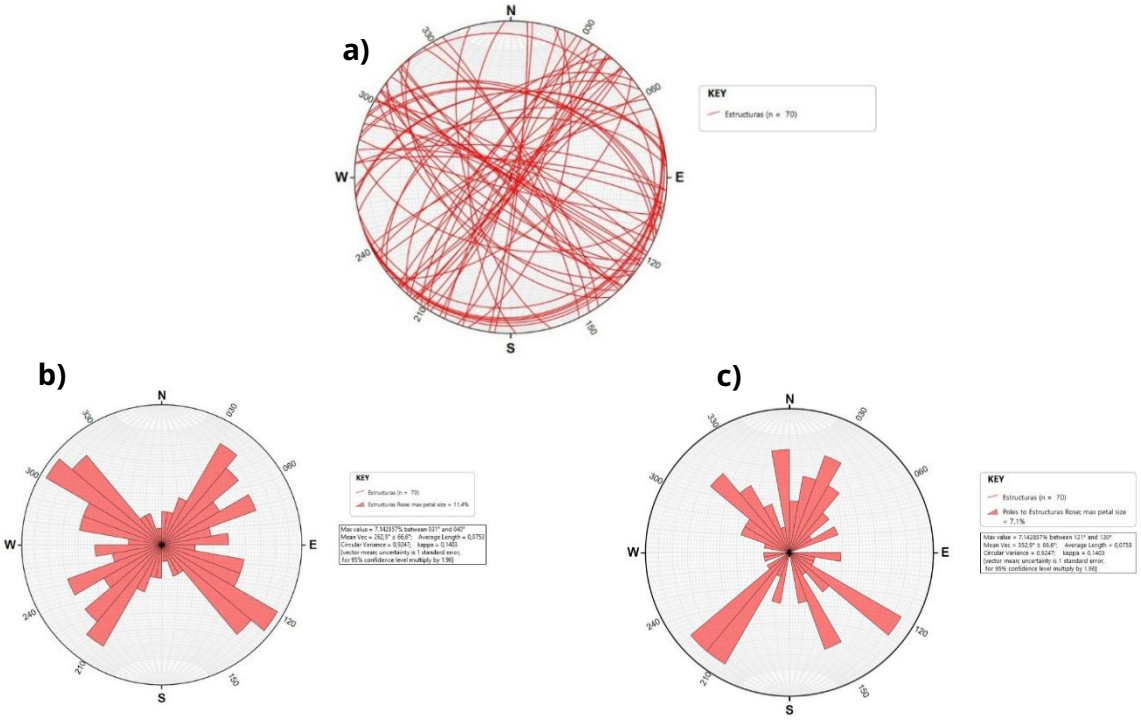


Ilustración 38. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica IV; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

e. Zona V

La Zona V pose una longitud aproximada de 20 km, iniciando en el PK 161+001 y finalizando en el PK 181+000. Se extiende desde las inmediaciones del poblado de Tres Palos hasta la localidad de El Cuatro, al norte de Capilla de Guadalupe, en el estado de Jalisco. La litología está constituida por depósitos aluviales, rocas híbridas del tipo arenisca–toba riolítica y material residual; no obstante, predominan las rocas ígneas extrusivas, originadas por el enfriamiento y solidificación rápida de lavas emitidas durante erupciones volcánicas efusivas, representadas principalmente por basaltos. Las topoformas predominantes corresponden a lomeríos y llanuras.

El comportamiento geomecánico de la Zona V corresponde a Clase II, de acuerdo con la clasificación RMR, presenta calidad de roca buena y condiciones de estabilidad favorables. No obstante, presenta una estructura fracturada asociada al índice de esfuerzos geológicos que ha actuado en la zona (Ver TABLA 17).

De acuerdo al análisis de riesgo, la Zona V presenta un nivel muy bajo. Esto se debe a que los riesgos (lineamientos geológicos, inundación, suelos colapsables y expansivos, sismicidad y deslizamiento de laderas) presentan niveles muy bajos o nulos; permitiendo condiciones favorables.

La Zona V no presenta riesgo asociado a lineamientos geológicos, ya que no se identifican fallas de gran magnitud que intercepten o se localicen en las inmediaciones del Tramo Irapuato - Guadalajara. No obstante, se deben considerar las fracturas locales, originadas por el régimen de esfuerzos asociado a la familia de Fallas de Los Altos, debido a su influencia a nivel regional en el comportamiento geomecánico del macizo rocoso.

Debido a las características morfológicas, litológicas y geomecánicas de la Zona V, el riesgo por inundación presenta un nivel muy bajo, aunado a esto, no se identifican áreas susceptibles a inundarse, a pesar de la presencia de aproximadamente once microcuencas con drenaje superficial bien definido.

Los suelos predominantes corresponden a los tipos Planosol y Luvisol. El primero está constituido principalmente por caolinita, limos y arenas, mientras que el segundo presenta un alto contenido de limos. La ausencia de suelos Vertisol, caracterizados por la presencia de arcillas expansivas, permite que el riesgo asociado a suelos expansivos y colapsables sea muy bajo o nulo.

Asimismo, el riesgo por subsidencia en la Zona V se considera nulo, a su vez, el riesgo por sismicidad y deslizamiento de laderas, presenta un nivel muy bajo en la mayor parte del Tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Descripción geomecánica

A continuación, se presenta una descripción general de las condiciones geomecánicas de la unidad rocosa identificadas en campo que comprende a la Zona V, utilizadas para la caracterización del macizo rocoso, cuyos resultados se muestran en la TABLA 22.

TABLA 22. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA V (PK 161+001 - 181+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	CALIDAD DE LA ROCA	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-043	Basalto	TmB-A	50-75	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	3.83
TIG-EG-044	Basalto	TmB-A	75-90	0.6-2.0	<1	0	Muy rugosa	92	87	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	7.66
TIG-EG-046	Basalto	TmB-A	50-75	0.2-0.6	1 a 3	>5	Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	10.11

La Zona V está constituida predominantemente por basaltos, pertenecientes a una misma unidad litológica, lo que le confiere un comportamiento geomecánico uniforme y favorable. El macizo rocoso asociado presenta una calidad de roca que varía de buena a muy buena, condiciones de estabilidad de estables a totalmente estables y una estructura que evoluciona de masiva a fracturada (ver Ilustración 39).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



Ilustración 39. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica V. TIG-EG-043, basalto de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-044, roca andesita de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-046, roca basalto de la unidad TmB-A (e & f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

La Zona V comprende aproximadamente 20 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, entre los PK 161+001 y 181+000. En este segmento aflora la unidad TmB-A, de edad Mioceno, constituida predominantemente por basaltos. Estas rocas ígneas extrusivas se originaron por el rápido enfriamiento y solidificación de flujos de lava de composición máfica, emitidos durante erupciones volcánicas efusivas, se presentan de forma afanítica y con textura vesicular, exhiben coloración gris oscuro en muestra fresca y evolucionan a un color gris claro con matices rojizos como resultado de procesos de alteración (ver Ilustración 40).

Tras un periodo de inactividad volcánica, se depositó la unidad TplAr-TR, compuesta por una mezcla de sedimentos detríticos con material piroclástico. La toba ácida que forma parte de la unidad se caracteriza por estar constituida por cenizas del tamaño de arcillas de tonalidad marrón claro, en muestra intemperizada se observa color marrón claro a grisáceo.

En la parte superior de la columna litológica se presentan depósitos aluviales (Qhoal) y suelos residuales (Qhore), ambos de edad holocena y constituidos por materiales relativamente recientes. Los depósitos aluviales están formados por arcillas, limos y arenas transportados y depositados por corrientes fluviales, mientras que los suelos residuales se originan in situ a partir de la meteorización química y mecánica de rocas preexistentes, influida por agentes como la lluvia y el viento, sin intervención de transporte.

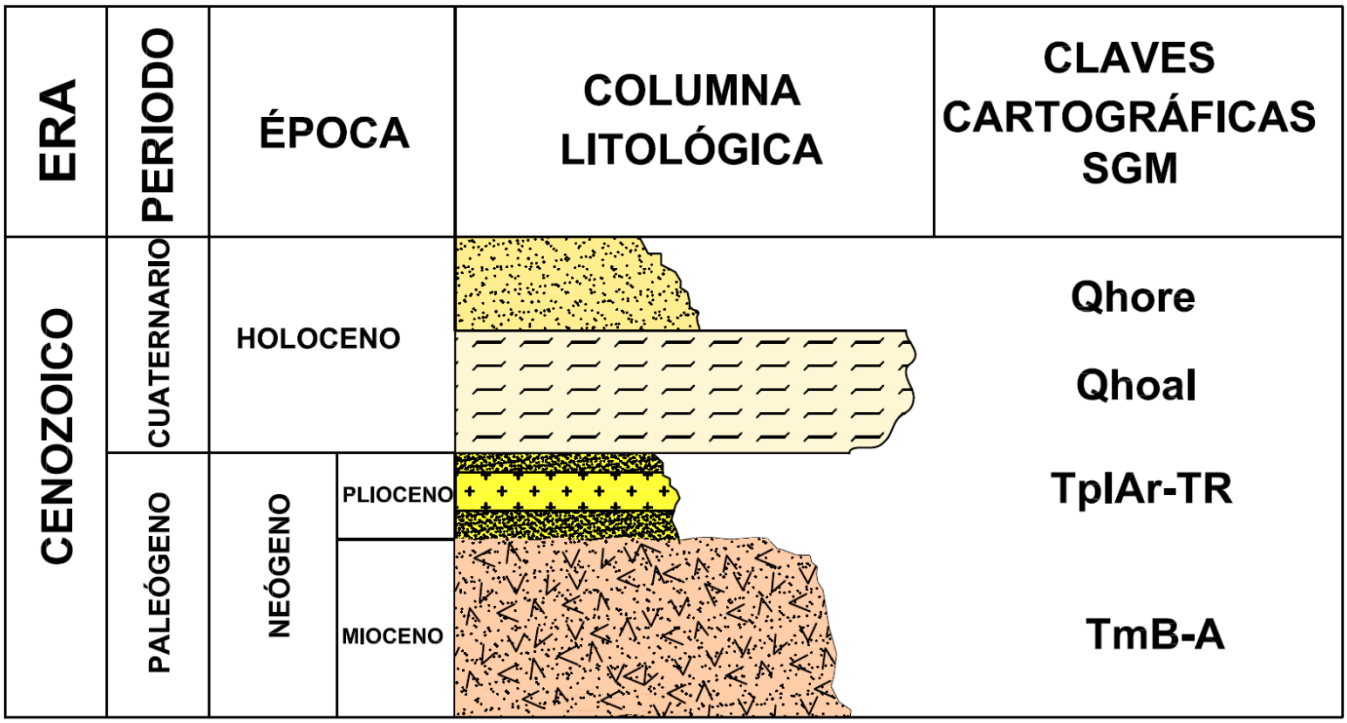


Ilustración 40. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la zona geológica V.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis estructural

Dentro de la Zona V se recabaron alrededor de 22 datos estructurales de fallas y fracturas regionales. Aunque en esta zona, no se hayan registrado estructuras de gran magnitud, como fallas activas, que atraviesen o se encuentren cerca del Tramo Irapuato - Guadalajara, se tiene la presencia, a nivel regional, de la Familia de Fallas Los Altos que poseen direcciones NE-SW.

En la Ilustración 41 se presenta el análisis estructural mediante estereogramas y diagramas de roseta de la Zona V, se aprecia como tendencia dominante la orientación SW-NE, con echados hacia el NW, se asocia al sistema regional de Los Altos. Por otro lado, la segunda tendencia posee una orientación NW-SE con inclinación hacia el NE, que representa al Graben de Chapala.

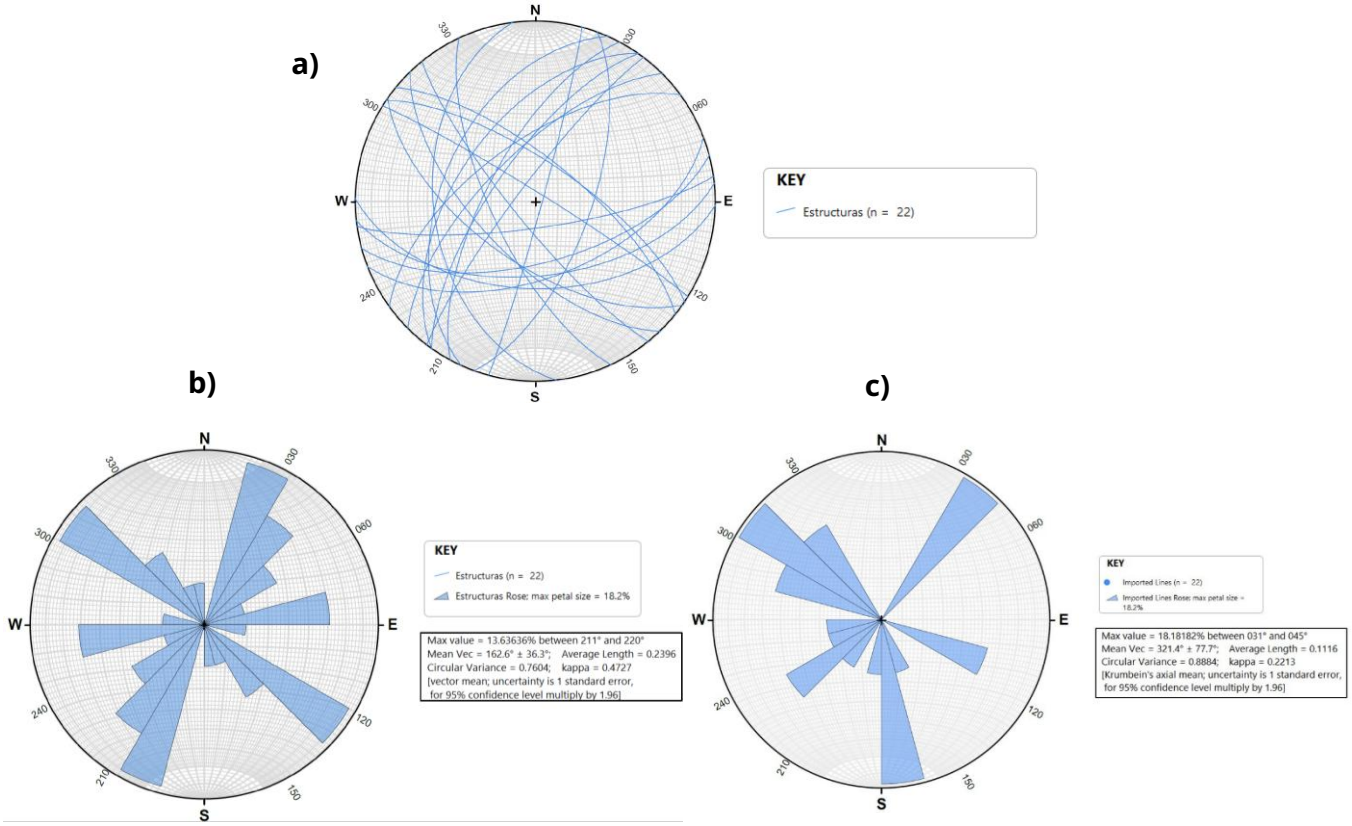


Ilustración 41. Defensa 2026, Análisis estructural de la Zona geológica V; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

f. Zona VI

La Zona VI se desarrolla a lo largo de aproximadamente 10.7 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, iniciando en el Pk 181+001 y finalizando en el Pk 191+700, desde la localidad de El Cuatro hasta Santana de Abajo, en el estado de Jalisco. Está conformada por unidades volcánicas: basaltos, andesitas y tobas riolíticas y, en menor proporción, por depósitos aluviales y suelos residuales.

El comportamiento geomecánico de los materiales de la Zona VI, de acuerdo a la clasificación de RMR corresponde a la Clase IV, lo que indica una roca de mala calidad, con condiciones de estabilidad desfavorables y una estructura fracturada/perturbada. (Ver TABLA 23). Estas condiciones se atribuyen principalmente a las variaciones de competencia mecánica en función de los procesos formadores de roca, ej. Los procesos explosivos que generaron las nubes de ceniza volcánica que dieron origen a las tobas riolíticas, mientras que, los derrames efusivos dieron lugar a los basaltos y a las andesitas. El depósito de agregados retrabajados en las regiones topográficamente bajas explica la presencia de los depósitos aluviales y suelos residuales (Ver TABLA 17). En consecuencia, las topoformas asociadas son edificios y derrames de lava que se aprecian como lomeríos en contacto con áreas de desembocadura (llanura).

De acuerdo con el análisis de riesgo, la Zona VI presenta un nivel de riesgo muy bajo, lo cual se atribuye a que los factores de riesgo analizados para el Tramo Irapuato - Guadalajara (lineamientos geológicos, suelos expansivos y colapsables, inundación, sismicidad y deslizamiento de laderas), no convergen en la zona o registran niveles de riesgo muy bajos, e incluso nulos, en algunos casos.

El riesgo por lineamientos geológicos, es nulo para la zona, no se identificaron fallas geológicas activas, que intercepten el eje ferroviario o se localicen próximas a este.

De manera similar, el riesgo por inundación se clasifica como muy bajo, no se identificaron zonas susceptibles a inundarse a lo largo del trazo, a pesar de que convergen diez microcuencas con una red de drenaje predominantemente superficial, cuyas características favorecen el desalojo natural de los escurrimientos y reducen la probabilidad de acumulación significativa de agua.

Los suelos dominantes son: Planosol y Luvisol (ver TABLA 17). El primero se compone principalmente por caolinita, limos y arenas, mientras que el segundo exhibe un alto contenido de limos. La ausencia de suelos arcillosos (vertisol), reduce drásticamente el nivel de riesgo asociado a suelos expansivos y colapsables a muy bajo o nulo.

Las actividades rurales de la zona reducen el riesgo por subsidencia a grado nulo. Mientras que, los riesgos asociados: sismicidad y deslizamiento de laderas, se clasifican como muy bajos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Descripción geomecánica

De manera concisa, se presenta la TABLA 23, en donde se resumen las características geomecánicas de cada unidad litológica, a partir de las observaciones realizadas en campo y, con base en estas, se realizaron las estaciones geomecánicas que permitieron caracterizar la Zona VI.

TABLA 23. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA VI (Pk 181+001 - 191+700).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-PV-082	Toba Riolítica	TmB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	1 a 5	Rugosa	33	28	IV	Mala	Inestable	Fracturada/ Perturbada	2.16
TIG-EG-048	Basalto	TmB-A	75-90	0.2-0.6	3 a 10	1 a 5	Ligeramente Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	1.72
TIG-EG-049	Andesita	TmB-A	25-50	0.06-0.20	< 1	1 a 5	Muy Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	4.02

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La Zona VI está conformada principalmente por la unidad TmB-A, del Mioceno, integrada por tobas, basaltos y andesitas. Estas litologías, comparten características geomecánicas similares, pues presenta una calidad de roca mala (Clase IV, RMR), con condiciones de estabilidad desfavorables y una estructura fracturada-perturbada. En términos generales está Zona se constituye por materiales con comportamiento geomecánico desfavorable, condicionado tanto por la heterogeneidad litológica como por la transición entre las unidades volcánicas y materiales no consolidados, como depósitos aluviales y suelos residuales. Esta variabilidad puede influir en la respuesta mecánica del terreno, particularmente en aquellos sectores donde se desarrollen excavaciones o se proyecten terraplenes (ver Ilustración 42).

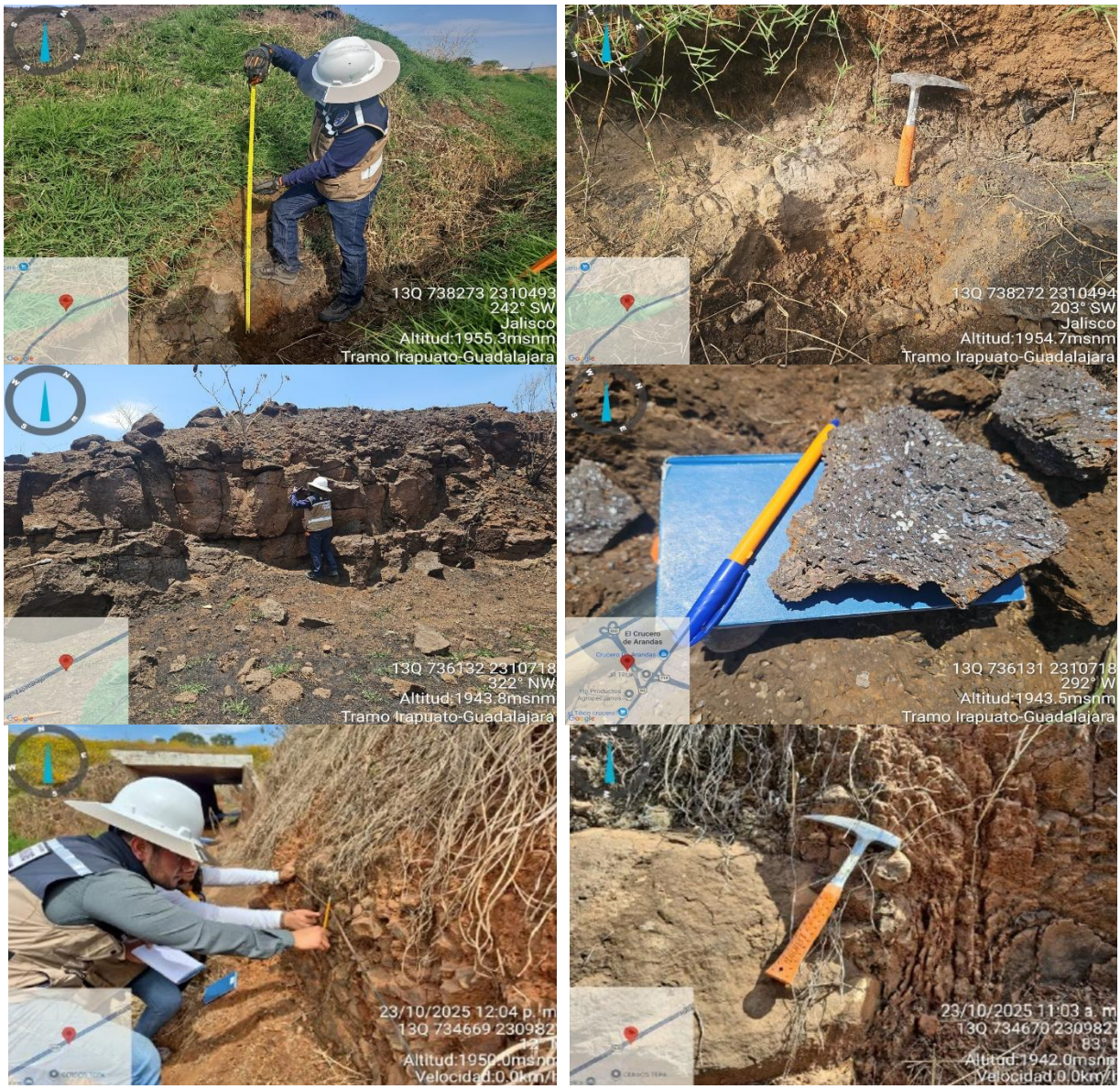


Ilustración 42. Defensa, 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VI. TIG-PV-082, toba andesítica de la unidad TmB-A (a & b); TIG-EG-048, roca basalto de la unidad TmB-A (c & d); TIG-EG-049, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

La Zona VI comprende aproximadamente 10.7 km del Tramo Irapuato - Guadalajara ferroviario, entre los PK 181+001 y 191+700. En este segmento aflora la unidad TmB-A, de edad Mioceno, constituida predominantemente por andesita, basalto y toba andesítica.

Las andesitas y los basaltos corresponden a rocas ígneas extrusivas originadas por el rápido enfriamiento y solidificación de flujos de lava emitidos durante erupciones volcánicas de carácter efusivo. Por su parte, las tobas andesíticas se formaron durante una fase volcánica explosiva, a partir de la acumulación y consolidación de ceniza volcánica. La asociación de estas tres litologías sugiere la ocurrencia de al menos dos episodios eruptivos. Una de carácter explosivo, que dio origen a los depósitos de tobas andesíticas; posteriormente, una fase efusiva generó los derrames de lava de composición andesítica-basáltica, cuya composición evolucionó de intermedia (andesítica) a máfica (basáltica). En general, las rocas presentan textura afanítica y colores grisáceos opacos en estado fresco, que varían a colores grises con matices rojizos intensos como resultado de los procesos de alteración.

Tras un periodo de inactividad volcánica o no deposito se formó la unidad TplAr-TR**,** compuesta por tobas ácidas, que se integran de sedimentos detríticos y material piroclástico, presenta tonalidad marrón claro, coloración grisácea en estado intemperizado y granulometría predominantemente arcillosa.

En la cima de la columna se encuentran dos unidades más, ambas del Holoceno, la primera corresponde a la unidad Qhoal, conformada por depósitos aluviales constituidos por arcillas, limos y arenas transportados y acumulados por corrientes fluviales. Por otro lado, se encuentra la unidad Qhore, que corresponde a suelos residuales formados in situ por meteorización química y mecánica de rocas preexistentes, sin intervención de transporte (Ilustración 43).

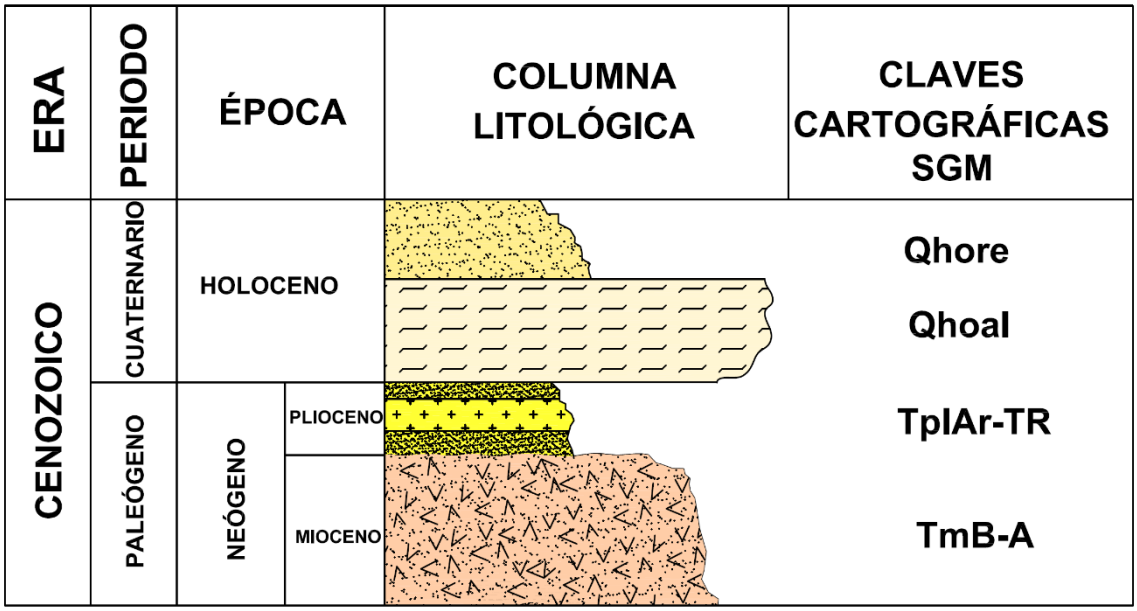


Ilustración 43. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la Zona Geológica VI.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis Estructural

Dentro de la Zona VI se recabaron aproximadamente 12 datos estructurales, correspondientes principalmente a fracturas. Aunque en esta zona no se identificaron fallas que atraviesen o se localicen muy próximas al eje del Tramo Irapuato - Guadalajara; se reconoce la influencia del sistema de Fallas Los Altos, que se caracteriza por fallas normales, desarrolladas bajo un régimen tectónico extensional.

Como se muestra en la Ilustración 44, el análisis estructural indica que la tendencia dominante es de dirección SW-NE con echado al NW concordante con el sistema de fallas Los Altos, mientras que una segunda familia de discontinuidades exhibe una orientación NW-W-SE-E con inclinaciones hacia el NNE, que podría estar relacionadas con el sistema rift Chapala.

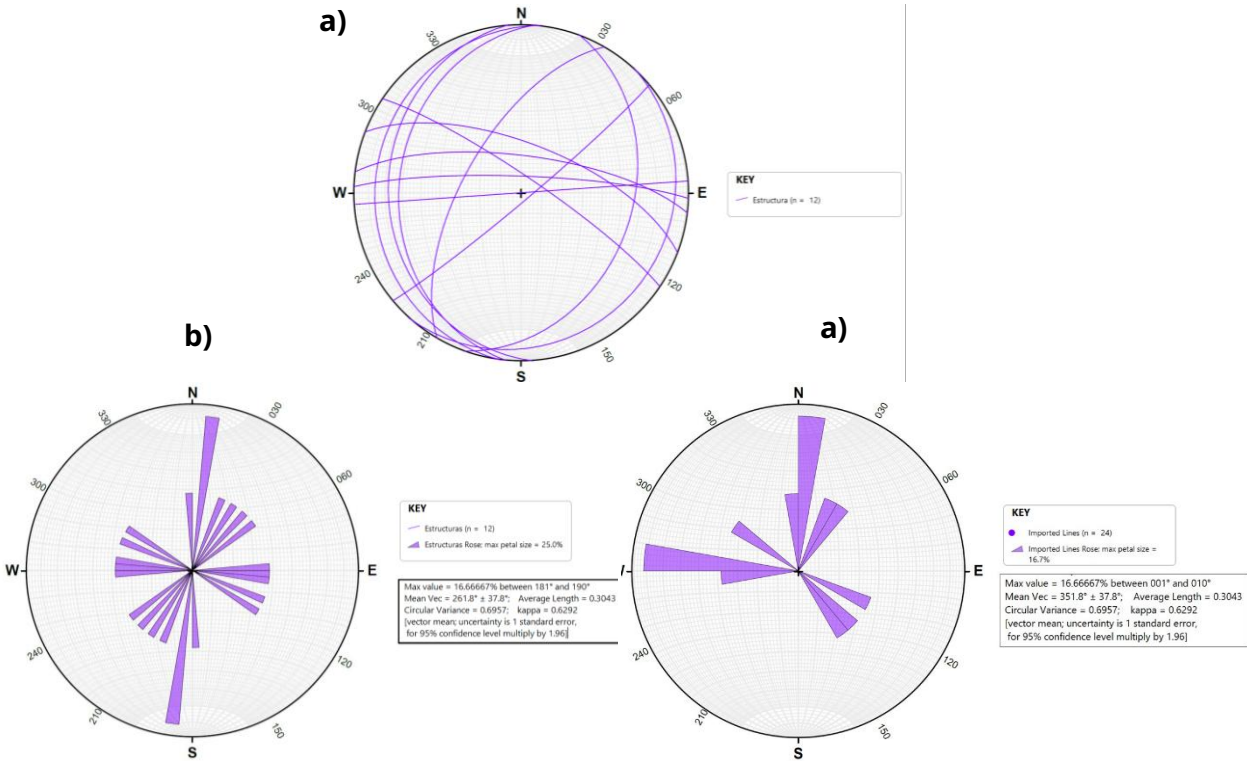


Ilustración 44. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica VI; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

g. Zona VII

La Zona VII inicia en el Pk 191+701 y finaliza en el Pk 253+000, con una longitud aproximada de 60.3 km., comprende desde el poblado de Santana de Abajo hasta la entrada a Tonalá, en el estado de Jalisco. La geología de esta zona se caracteriza por el predominio de unidades volcánicas, entre las que destacan andesitas y basaltos, en menor proporción, riolitas, tobas andesíticas y tobas riolíticas.

Las unidades volcánicas se originaron a partir de erupciones volcánicas efusivas y explosivas, que dieron origen a coladas de lava (andesitas y basaltos) y depósitos piroclásticos (tobas andesíticas y riolíticas), respectivamente. Lo anterior, concuerda perfectamente con las topoformas dominantes: lomeríos y valles de ladera, típicas de paisajes volcánicos controlados por la tectónica regional (Fallas de Los Altos).

El comportamiento geomecánico de la Zona VII corresponde a la Clase II, según la clasificación RMR (ver TABLA 17), es decir, arocas de buena calidad, fracturadas, pero estables, como los basaltos y las andesitas, que afloran en el área caracterizados por ser competentes y relativamente recientes, lo que se asocia a poca afectación por la tectónica.

En cuanto al análisis de riesgos, la Zona VII presenta niveles de riesgo de bajo a alto, Este sector registró valores bajos y medios, predominando los valores medios en el sector Centro, mientras que para la zona Oeste predominan los valores altos, esto por la convergencia de riesgos por inundación, suelos colapsables y expansivos, deslizamiento de laderas y lineamientos geológicos.

En relación al riesgo por fallas geológicas, a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara se tiene fallas normales activas paralelas y perpendiculares a la vía, que pertenecen a los sistemas de Fallas de Los Altos y Chapala. Las estructuras perpendiculares al eje ferroviario se encuentran alrededor de los Pk´s 199+000, 209+000, 220+000, 238+000, 246+000 y 250+000.

El riesgo por inundación presentó una variación significativa a lo largo de la zona, inició con un nivel muy bajo y concluyó con un nivel muy alto. Esta condición se debe a los cambios en el relieve, al pasar de lomeríos a valles de laderas, así como a las variaciones en la litología y de estructuras geológicas. Aunado a ello, la influencia de al menos 68 microcuencas genera importantes aportes hídricos, principalmente por escurrimientos superficiales. El sector con condiciones críticas se localiza entre los Pk´ s 228+000 y 251+000, donde se ubica el río Santiago, se concentra la mayor cantidad de microcuencas y existe un segmento potencialmente inundable, localizado entre los Pk 236+000 a 238+000.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El riesgo por suelos expansivos y colapsables es bajo en la mayor parte del Tramo Irapuato - Guadalajara, donde predominan Luvisol (con alto contenido de limos) y Phaeozem (ricos en humus). Sin embargo, del Pk 227+000 al 253+000 se presenta Vertisol, por lo que el nivel de riesgo pasa de bajo a medio como respuesta al aumento en el contenido en arcillas del material. De igual manera, el riesgo por deslizamiento de laderas presentó variaciones a lo largo de la zona, la mayor parte registró un nivel de riesgo muy bajo, sin embargo, en el sector Oeste aumenta hasta alcanzar niveles altos. Estos sectores se relacionan principalmente con la topografía, la presencia de estructuras geológicas (fallas activas), un elevado riesgo por inundación y la presencia de suelos Vertisol. Entre los Pk´ s 201+000 - 207+000, 224+000 – 228+000, 238+000 – 240+000 y 242+000 – 243+000 el nivel de riesgo aumenta.

Esta variación se atribuye a los cambios en el relieve que ha sido influenciado por dominios estructurales y la erosión de los ríos, así como por los contactos entre unidades de roca de competencias variadas (como tobas en contacto con material aluvial).

Este sector del Tramo Irapuato - Guadalajara presenta un riesgo por subsidencia muy bajo, posiblemente asociado al desarrollo rural y las actividades antropogénicas de bajo impacto. De igual manera, el riesgo por sismicidad es considerado muy bajo a pesar de la influencia estructural en la región (sistemas de fallas Los altos y Chapala).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Análisis Geomecánico

A continuación, se presenta una descripción general de las condiciones geomecánicas de la unidad rocosa identificadas en campo que comprende a la Zona VII, dichas estaciones se emplearon para la caracterización del macizo rocoso, cuyos resultados se muestran en la TABLA 24.

TABLA 24. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA VII (Pk 191+701 - 253+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-050	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente Rugosa	77	72	II	Buena	Estable	Fracturada	7.80
TIG-EG-051	Andesita	TmB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	>5	Ligeramente Rugosa	85	80	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	3.02
TIG-EG-052	Andesita	TmB-A	75-90	0.2-0.6	1 a 3	0.1 a 1.0	Rugosa	59	54	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	2.14
TIG-EG-053	Basalto	TmB-A	90-100	>2.00	1 a 3	>5	Muy Rugosa	82	77	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	3.17
TIG-EG-054	Andesita	TmB-A	50-75	0.6-2.0	3 a 10	>5	Ligeramente Rugosa	61	56	II	Buena	Estable	Fracturada	5.58
TIG-EG-055	Toba Riolítica	TmplTR	75-90	0.2-0.6	<1	1 a 5	Ligeramente Rugosa	69	64	II	Buena	Estable	Fracturada	3.35
TIG-EG-056	Toba Andesítica	TmB-A	<25	0.2-0.6	<1	>5	Ligeramente Rugosa	46	41	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	5.43
TIG-EG-057	Basalto	TmB-A	75-90	0.6-2.0	<1	0.1 a 1.0	Rugosa	70	65	II	Buena	Estable	Fracturada	2.23
TIG-EG-058	Riolita	TmR-TA	90-100	0.2-0.6	3 a 10	<0.10	Ligeramente Rugosa	67	62	II	Buena	Estable	Fracturada	1.37
TIG-EG-059	Andesita	TmB-A	75-90	0.6-2.0	3 a 10	1 a 5	Ligeramente Rugosa	72	67	II	Buena	Estable	Fracturada	2.36
TIG-EG-060	Basalto	TmB-A	50-75	0.2-0.6	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	72	67	II	Buena	Estable	Fracturada	2.05
TIG-EG-061	Andesita	TmB-A	75-90	0.6-2.02	<1	1 a 5	Ligeramente Rugosa	83	78	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	2.44
TIG-EG-062	Basalto	TplB-A	90-100	>2.00	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	87	82	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	0.92
TIG-EG-063	Toba Andesítica	TmR-TA	90-100	0.6-2.0	1 a 3	>5	Ligeramente Rugosa	83	78	I	Muy buena	Totalmente estable	Intacta o Masiva	2.33
TIG-EG-064	Basalto	TmB-A	75-90	0.6-2.0	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	2.25

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 24. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA VII (Pk 191+701 - 253+000).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-065	Basalto	TmB-A	75-90	0.2-0.6	1 a 3	<0.10	Ligeramente Rugosa	69	64	II	Buena	Estable	Fracturada	0.74
TIG-PV-104	Toba Andesítica	TmR-TA	50-75	0.06-0.20	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	3.15
TIG-EG-066	Basalto	TplB-A	50-75	0.2-0.6	<1	<0.10	Ligeramente Rugosa	69	64	II	Buena	Estable	Fracturada	3.88
TIG-EG-067	Andesita	TplB-A	90-100	0.2-0.6	1 a 3	1 a 5	Ligeramente Rugosa	62	57	II	Buena	Estable	Fracturada	2.45
TIG-EG-068	Basalto	TplB-A	75-90	0.2-0.6	<1	<0.10	Rugosa	65	60	II	Buena	Estable	Fracturada	2.56
TIG-EG-069	Basalto	TplB-A	50-75	0.06-0.20	3 a 10	0.1 a 1.0	Ligeramente Rugosa	63	58	II	Buena	Estable	Fracturada	2.83

La Zona VII está conformada principalmente por macizos rocosos de basalto y andesita y, en menor proporción, por riolitas y depósitos piroclásticos constituidos por tobas andesíticas y tobas riolíticas. Asimismo, la zona presenta depósitos aluviales y suelos residuales.

La amplia distribución de andesitas, basaltos y, en menor proporción, riolitas, materiales competentes con una calidad de roca buena, fracturada pero estable, clasificados dentro de la Clase II, confiere a la Zona VII condiciones geomecánicas favorables. No obstante, también se presentan materiales de menor competencia, constituidos por tobas andesíticas y tobas riolíticas que, pese a su origen piroclástico, presentan una calidad de roca de regular a buena y condiciones de estabilidad de parcialmente estables a estables, debido a su buen grado de consolidación.

Los sectores con calidad de roca mala son escasos y se localizan principalmente en los contactos litológicos entre materiales no consolidados, como los suelos residuales y los depósitos aluviales con las tobas riolíticas. Estas condiciones se ven influenciadas por el incremento en el nivel de riesgo asociado a los factores previamente descritos, además de los cambios en el relieve y la presencia de estructuras geológicas (Ilustración 45).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

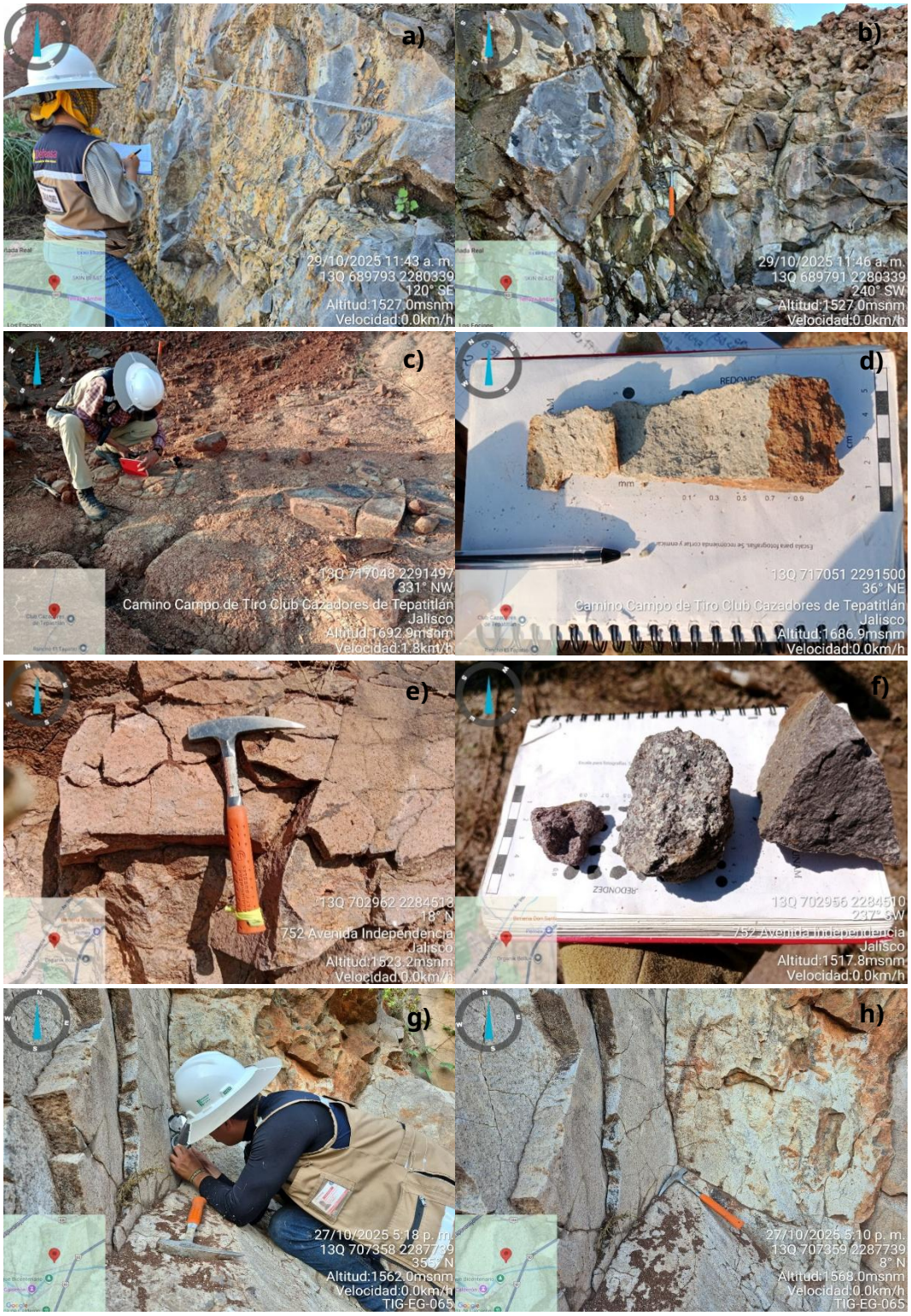


Ilustración 45. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VII. TIG-EG-067, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-055, toba riolítica de la unidad TmplTR (c & d); TIG-EG-061, roca andesita de la unidad TmB-A (e & f), riolita de la unidad TmR-TA (g & h).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

Dentro de los 61.3 km en los que se desarrolla la Zona VII, se presentan unidades del Neógeno y del Cuaternario; constituidas por rocas ígneas y sedimentarias. del primer grupo de rocas se tienen coladas volcánicas y depósitos piroclásticos, mientras que, el segundo grupo se exhibe material relativamente joven, conformado por suelos residuales y aluviales.

En la base se identifica la unidad TmB-A, formada durante el Mioceno, por rocas ígneas de composición que varía de máfica a intermedia (basalto, basalto-andesítico y andesita), con textura afanítica y coloración gris en diversas tonalidades, desde gris claro hasta gris oscuro dependiendo del grado de alteración de la roca.

Posteriormente, se encuentra la unidad TmR-TA también del Mioceno, conformada por riolitas y tobas andesíticas. La riolita, exhibe una coloración variable, yendo desde el gris claro, en zona inalterada, hasta beige en zona alterada. Mientras que, la toba andesítica exhibe una coloración grisácea, y una matriz microcristalina altamente compactada. La presencia de estas rocas sugiere la ocurrencia de por lo menos dos episodios eruptivos donde hubo un cambio en la composición del magma; el primero de carácter explosivo donde el magma de composición intermedia dio origen a los depósitos de toba andesítica, posteriormente ocurrió un segundo evento también de carácter explosivo que generaron los derrames de composición félsica (diferenciación magmática) dando origen a las coladas riolíticas.

Después de un periodo de inactividad volcánica o no depósito, se identifica la unidad TmplTR, la cual se originó desde finales del Mioceno hasta el cese del evento explosivo a principios del plioceno. Los depósitos piroclásticos de composición félsica, adquirieron posición subhorizontal, generando una estructura de pseudoestratificación. La toba riolítica que presenta una coloración gris claro en muestra de mano sana y tonalidades marrón con matices rojizos en áreas intemperizadas.

Posteriormente se depositó la unidad TplB-A, perteneciente al Plioceno, donde se encuentran coladas principalmente de basalto y, en menor proporción, andesita, indicando erupciones de tipo efusivas. El basalto se presenta de manera masiva, de textura afanítica y composición máfica, con una coloración gris oscuro en zona inalterada que cambia a un color marrón con tonalidades anaranjadas en zonas intemperizadas. En tanto, la andesita presenta textura afanítica, composición intermedia y una coloración gris en zona inalterada que cambia a un color beige en zonas intemperizadas.

Sobreyaciendo la unidad anterior se encuentra la unidad QptTR, del Pleistoceno. Se compone de toba riolítica que se originó por episodios eruptivos de tipo explosivo. En campo, la toba se caracteriza por presentar pseudoestratificación, mostrando dos tipos de horizontes: unos compuestos únicamente de material fino, como cenizas; mientras que otros poseen materiales líticos, fragmentos pumiticos, vidrio volcánico, contenidos en una matriz areno - arcillosa.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En la cima de la columna litológica, se encuentran depósitos aluviales (Qhoal) y suelos residuales (Qhore); ambos pertenecientes al Holoceno. Estas dos unidades se componen de materiales relativamente jóvenes, los depósitos aluviales se conforman por partículas del tamaño de arcillas, limos y arenas, transportados por corrientes de agua, como ríos y depositados en llanuras aluviales (de inundación). Mientras que, los suelos residuales surgen como resultado del proceso de meteorización química y mecánica de rocas preexistentes. A diferencia de los depósitos aluviales, los suelos residuales no sufren transporte (ver Ilustración 46).

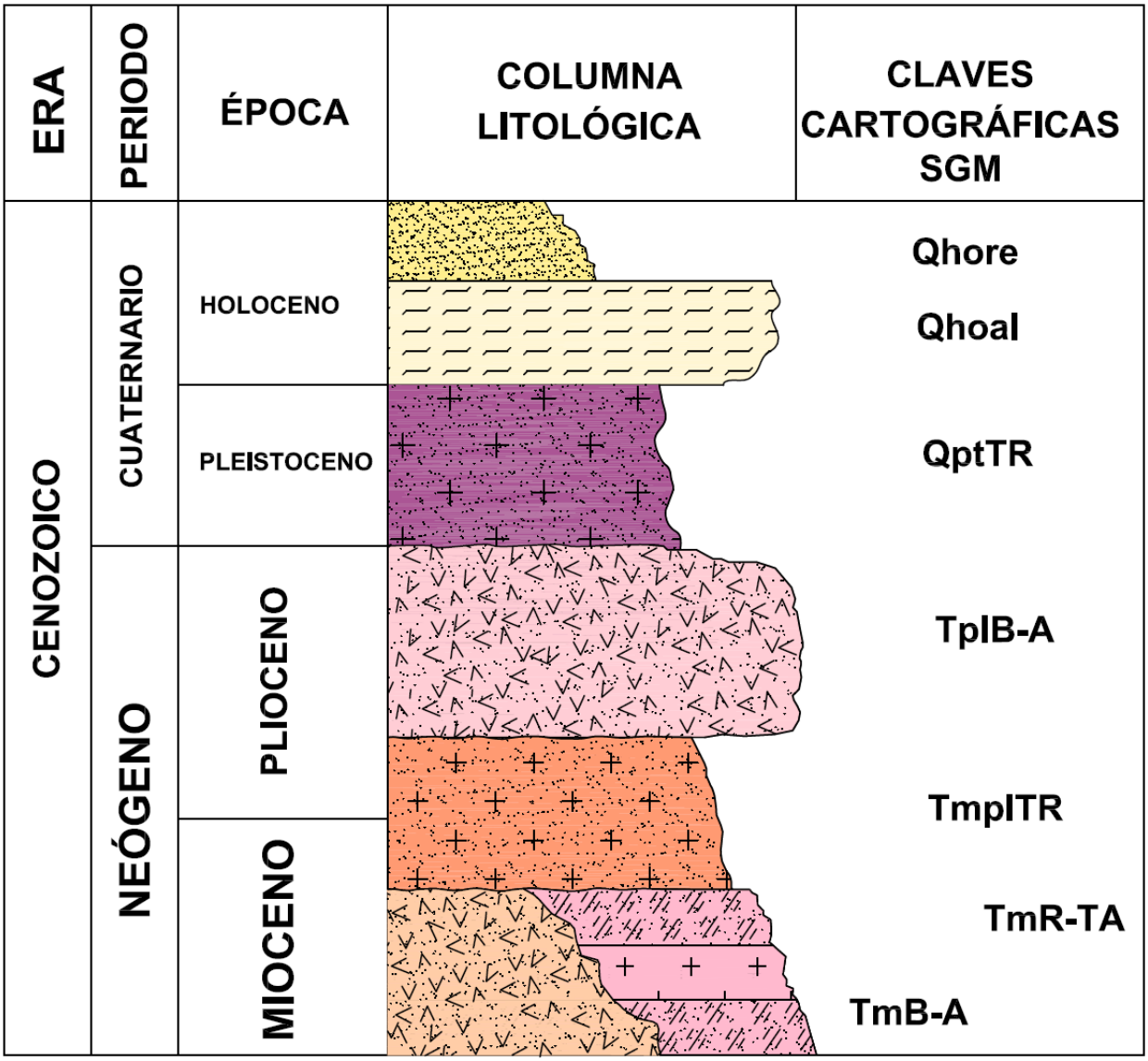


Ilustración 46. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a la Zona Geológica VII.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis Estructural

La zona geológica VII concentra fallas de tipo normal, así como fracturas asociadas que se interpretan como estructuras menores derivadas de la influencia de sistemas de fracturas regionales como el rift Tepic – Zacoalco y Los Altos.

Durante la campaña de exploración geológica se logró colectar alrededor de 147 datos estructurales (planos de fallas normales y fracturas asociadas). Con base en el análisis estructural (diagramas de rosetas) generados a partir de la proyección de los rumbos y echados de las estructuras, se determinó que los datos presentan una primera tendencia con rumbo SE-NW e inclinación (echado) hacia el SW, concordante con el rift Tepic - Zacoalco; seguida de una segunda familia con tendencia SW-NE y echado al NW que puede asociarse al sistema de fallas Los Altos de la misma dirección (ver Ilustración 47).

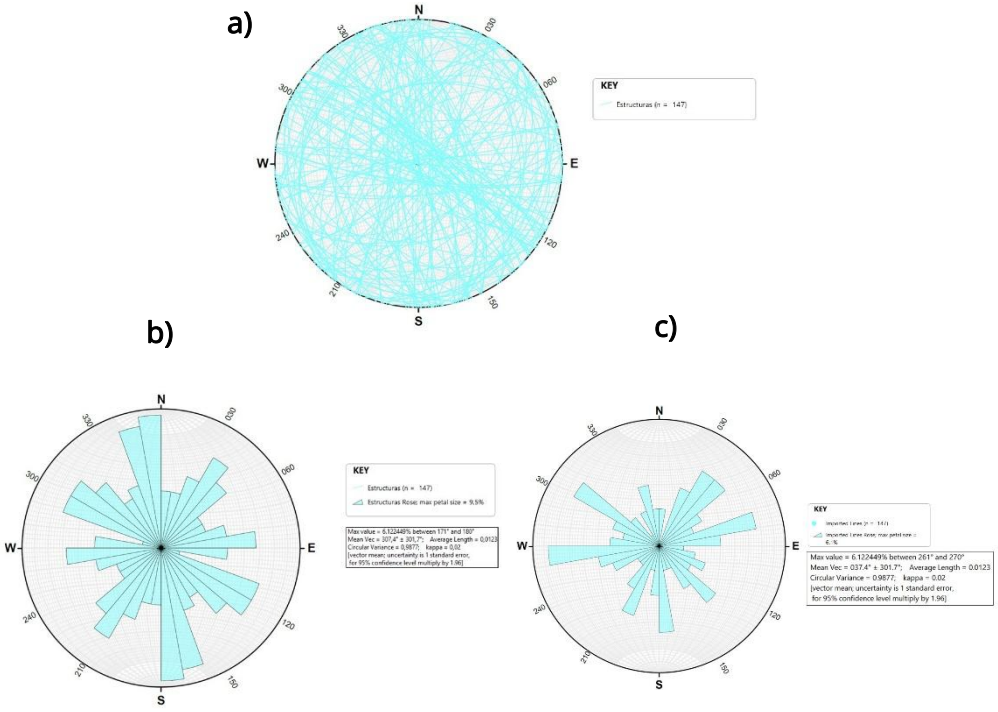


Ilustración 47. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica VII; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

h. Zona VIII

La Zona VIII inicia en el Pk 253+001 y finaliza en el Pk 284+730, con una longitud aproximada de 31.73 km. Esta zona se extiende desde la entrada a Tonalá y concluye a la salida de Zapopan, en el estado de Jalisco. Está constituida principalmente por dos unidades litológicas de origen ígneo. La unidad de mayor distribución corresponde a tobas riolíticas, formadas a partir de erupciones volcánicas explosivas. En menor proporción afloran coladas de lava compuestas por basaltos y andesitas, originadas durante episodios de vulcanismo efusivo.

La topoforma dominante se compone por lomeríos, el comportamiento geomecánico de la zona pertenece a clase IV que, según la clasificación RMR, se constituye de roca de mala calidad, es inestable y presenta una estructura fracturada/perturbada. Lo anterior se debe a la gran distribución que tienen los depósitos piroclásticos; sin embargo, en sectores donde se tiene presencia de roca andesita o basalto, la calidad de roca mejora pasando de mala a regular (ver TABLA 17).

La Zona VIII presenta un nivel de riesgo medio. Esto se correlaciona al incremento de diversos factores de riesgo que convergen en la zona, entre los que destacan el riesgo por inundación, deslizamientos de laderas, el aumento en el riesgo por sismicidad y la presencia de suelos colapsables.

No se identifican fallas activas dentro de la Zona VIII. Sin embargo, alrededor del Pk 281+000, se registra una estructura de colapso correspondiente a la Caldera Primavera. Esta zona se encuentra limitada por importantes estructuras tectónicas regionales, como el sistema de Fallas de Los Altos al norte y el Graben de Chapala al sur.

El riesgo por inundación registrado en la zona presenta un nivel alto, el segmento de mayor riesgo comprende del Pk 264+000 al 268+000, donde se identifica una zona inundable, generando una susceptibilidad al fenómeno para las regiones urbanas ubicadas en la zona.

Para suelos expansivos y colapsables, la Zona VIII presenta un nivel de riesgo medio, relacionado a la presencia de partículas como arenas y cenizas, además de la explotación desmedida de los mantos acuíferos genera susceptibilidad a hundimientos o subsidencia. Para este último fenómeno, el riesgo es de nivel bajo, apareciendo en la zona sur.

El riesgo sísmico en la Zona VIII es de nivel bajo; sin embargo, este incrementa progresivamente hasta alcanzar niveles de medio a alto en la porción oeste, donde se observa un incremento en la actividad sísmica, esto se asocia al cambio en la regionalización sísmica postulada por CFE (ver Ilustración 61), pasando de bajo a alto, además de aspectos tectónicos regionales del país.

Por otro lado, el riesgo por deslizamiento de laderas en la mayor parte de la Zona VIII presenta un nivel muy bajo, aunado a esto, gran parte de la zona es dominada por asentamientos urbanos, los cuales han modificado y adecuado el relieve para la edificación de viviendas, etc.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

1. Análisis Geomecánico

A continuación, se presenta una descripción general de las condiciones geomecánicas de la unidad rocosa identificadas en campo que comprende a la Zona VIII, dichas estaciones se emplearon para la caracterización del macizo rocoso, cuyos resultados se muestran en la TABLA 25.

TABLA 25. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA GEOLÓGICA VIII (Pk 253+001 - 284+730).

DATOS GENERALES			RESULTADOS											
ESTACIÓN GEOMECANICA	NOMBRE DE LA ROCA	FORMACIÓN ASOCIADA	RQD (%)	SEPARACIÓN (m)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RMR	GSI	CLASE	DESCRIPCIÓN	ESTADO	ÍNDICE DE ESFUERZOS	DISTANCIA ENTRE EG (Km)
TIG-EG-070	Andesita	TplB-A	75-90	0.2-0.6	<1	<0.10	Lisa	59	54	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	1.62
TIG-EG-071	Andesita	TplB-A	50-75	0.2-0.6	1 a 3	0.1 a 1.0	Ligeramente rugosa	64	59	II	Buena	Estable	Fracturada	1.55
TIG-PV-109	Toba Riolítica	QptTR	<25	0.06-0.20	>20	1 a 5	Rugosa	34	29	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	3.08
TIG-PV-110	Toba Riolítica	QptTR	<25	<0.06	<1	1 a 5	Rugosa	38	33	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.16
TIG-EG-072	Andesita	TplB-A	25-50	0.06-0.20	3 a 10	1 a 5	Ligeramente rugosa	42	37	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	1.65
TIG-EG-073	Basalto	TplB-A	75-90	0.06-0.20	1 a 3	0	Ligeramente rugosa	76	71	II	Buena	Estable	Fracturada	15.32
TIG-EG-077	Toba Riolítica	QptTR	<25	0.2-0.6	>20	>5	Rugosa	40	35	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	5.19
TIG-PV-119	Toba Riolítica	QptTR	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	28	23	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	2.47
TIG-PV-120	Toba Riolítica	QptTR	<25	<0.06	>20	>5	Rugosa	28	23	IV	Mala	Inestable	Fracturada / Perturbada	0.96
TIG-EG-078	Toba Riolítica	QptTR	<25	0.2-0.6	3 a 10	1 a 5	Rugosa	47	42	III	Regular	Parcialmente estable	Muy Fracturada	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Dentro de Zona VIII se encuentra la unidad QptTR, compuesta de una toba riolítica parcialmente consolidada de color gris claro. El comportamiento geomecánico del depósito se clasifica con calidad mala, inestable además de exhibir una estructura fracturada/perturbada.

La unidad TplB-A está compuesta por al menos dos tipos de roca: andesita y basalto. La andesita exhibe tonalidades ligeramente rojizas. Dentro del análisis geomecánico esta roca se considera de calidad regular, con una estructura muy fracturada y de estabilidad parcial. Mientras que, el basalto presenta una coloración gris oscuro. Con base en sus características geomecánicas, el macizo compuesto por esta roca se clasifica de buena calidad, estable y exhibe una estructura fracturada (ver Ilustración 48).

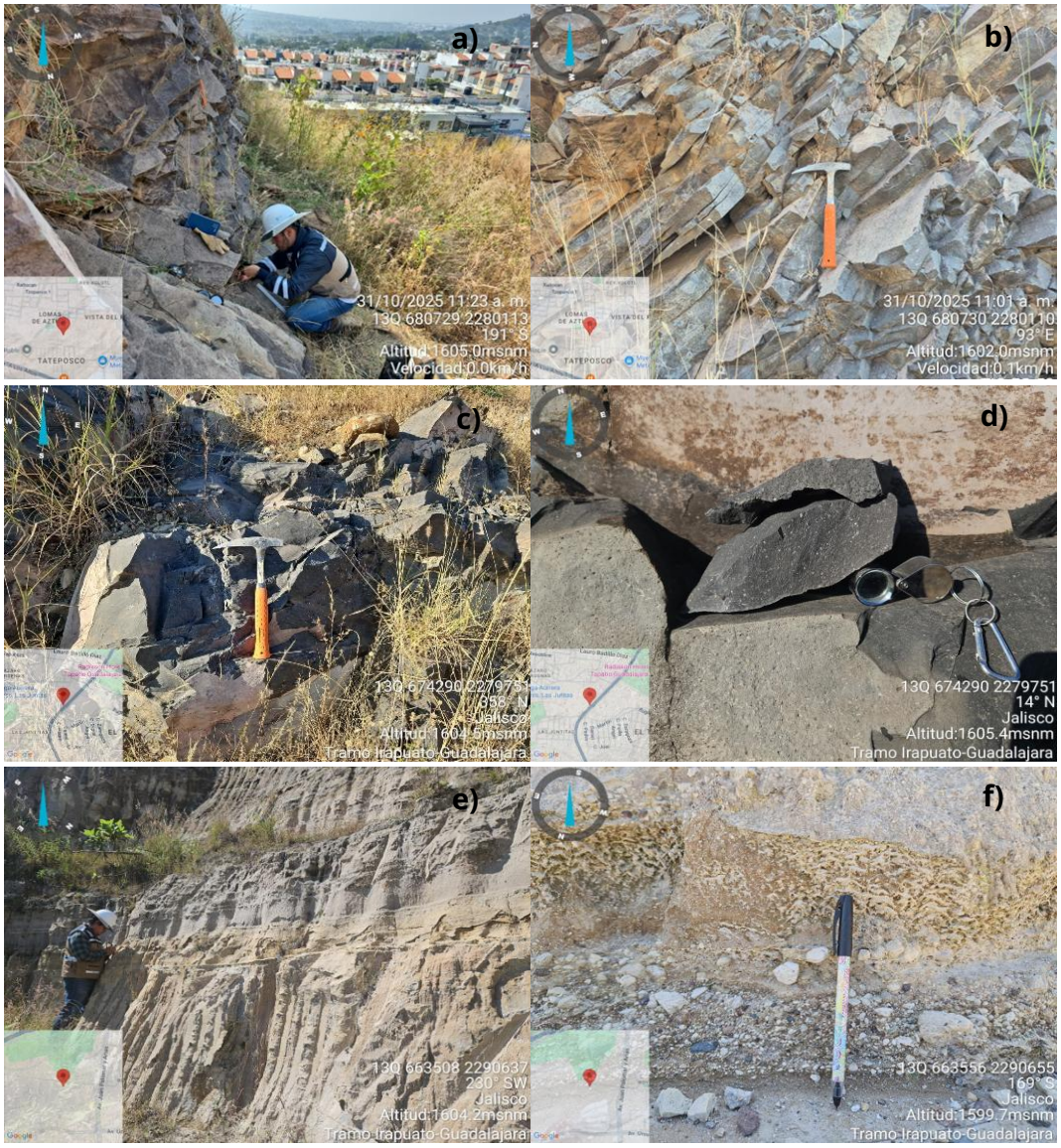


Ilustración 48. Defensa 2026, Estaciones geomecánicas de la zona Geológica VIII. TIG-EG-071, roca andesita de la unidad TplB-A (a & b); TIG-EG-073, roca basalto de la unidad TplB-A (c & d); TIG-EG-077, toba riolítica de la unidad QptTR (e & f).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

2. Columna Litológica

La última zona geológica presenta una columna estratigráfica compuesta por cuatro unidades litológicas. En la base se identifica la unidad TplB-A, correspondiente al Plioceno, la cual está conformada por derrames o coladas de basalto, basalto andesítico y andesita. Esta asociación litológica señala un cambio en la composición del magma, derivado de procesos de diferenciación magmática y nuevos aportes de magma, además, un estilo eruptivo predominantemente efusivo. El basalto, de composición máfica, presenta una coloración gris oscuro en zonas sanas, que cambia a gris claro en áreas intemperizadas, presentando minerales como olivinos, piroxenos y plagioclasas; el basalto andesítico, de composición máfica a intermedia, exhibe tonalidades grisáceas que evolucionan a marrón rojizo en zonas intemperizadas, y se presenta de forma masiva y fracturada en bloques; finalmente, la andesita, de composición intermedia, muestra coloraciones gris claro en estado fresco, que cambian a tonos pardos con matices rojizos en zonas intemperizadas, presentando minerales como anfíboles y piroxenos.

Después de un tiempo de inactividad volcánica, se encuentra las unidades QptTR y QptR, las cuales pertenecen al Pleistoceno. La existencia conjunta de estas unidades sugiere un episodio volcánico compuesto por dos fases, la primera fase consistió en una erupción explosiva que genero flujos piroclásticos de composición riolítica, seguido por otra fase que dio lugar a la formación de domos riolíticos posterior a la explosión que generó la caldera La Primavera.

En la cima de la columna litológica se localiza la unidad Qhoal (Holoceno), integrada por depósitos aluviales no consolidados, conformados por gravas, arenas, limos y arcillas, originados mediante procesos de erosión, transporte y sedimentación. (ver Ilustración 49).

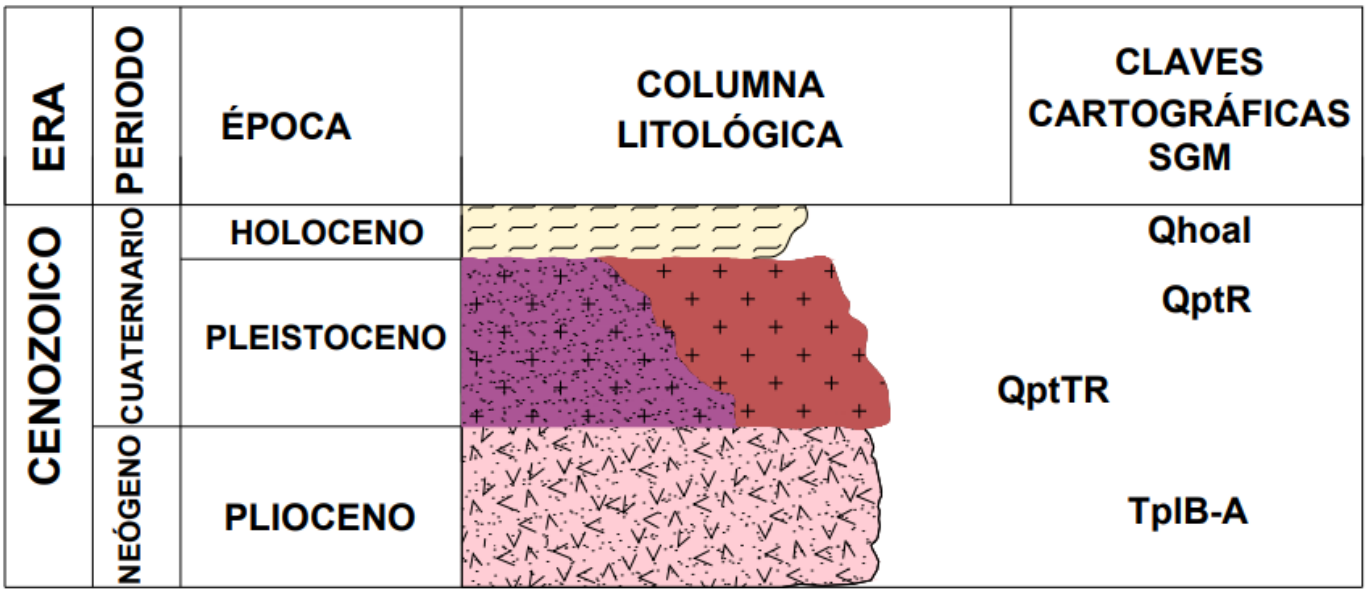


Ilustración 49. Defensa 2026, Columna estratigráfica correspondiente a Zona VIII.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

3. Análisis Estructural

Durante la campaña de exploración en campo no se registraron datos estructurales asociados a fallas en esta zona; sin embargo, sí se identificaron fracturas. Esta ausencia de evidencias de fallamiento puede atribuirse a que el área corresponde a la zona urbana de Guadalajara, donde la alta densidad poblacional, así como la presencia de construcciones y diversas actividades antropogénicas, dificultan la localización y adecuada observación de este tipo de estructuras geológicas. No obstante, la Zona VIII se encuentra delimitada por estructuras regionales de gran importancia e influencia tectónica. Al sur se localizan el Graben de Chapala y el Graben de Colima; al norte se desarrolla el sistema de fallas de Los Altos; mientras que al noroeste se emplazan las estructuras asociadas al rift de Tepic-Zacoalco. En conjunto, estas estructuras forman parte del bloque de Jalisco.

El análisis estereográfico de las fracturas tomadas en campo (70 datos) muestran una tendencia principal de rumbos con dirección SW-NE y echados hacia el NW, relacionada con la orientación de la Familia de Fallas de Los Altos (Ilustración 50).

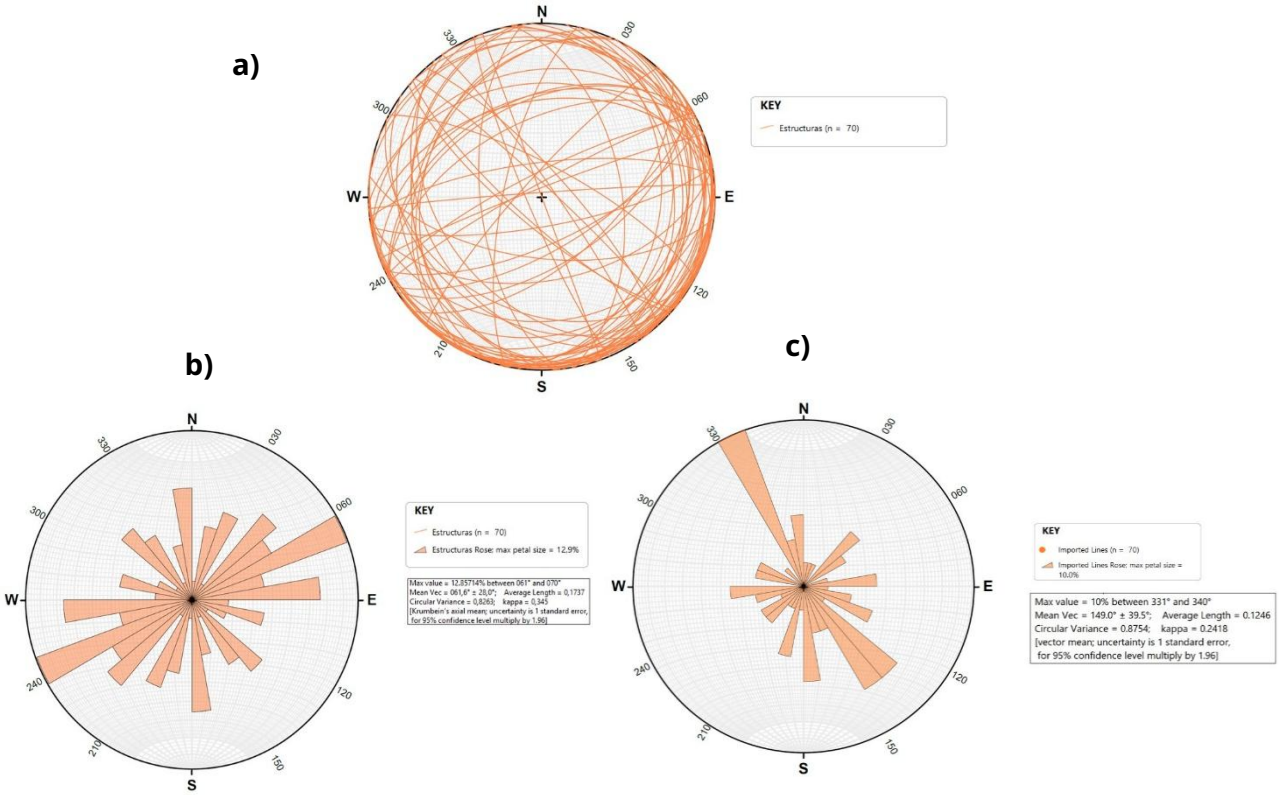


Ilustración 50. Defensa 2026, Análisis estructural de la zona geológica VIII; a) estereograma de estructuras geológicas, b) diagrama de roseta de rumbos y c) diagrama de roseta de echados.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XIII. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

El Tramo Irapuato - Guadalajara recorre 284 km desde su origen en Irapuato, Guanajuato, hasta su destino en Zapopan, Jalisco, a lo largo del ese trayecto, la vía se posicionará sobre diferentes rocas, como resultado de las exploraciones geológicas se identificaron 14 unidades litológicas aflorantes sobre el Derecho de Vía, con predominio de rocas ígneas de origen extrusivo, asociadas a unidades vulcano-sedimentarias, además de unidades sedimentarias que incluyen depósitos residuales y aluviales de edad reciente. Esta configuración litológica es consistente con su emplazamiento dentro de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). La estructura de la columna litológica local tipo toma como base los fechamientos en rocas de la zona que realizó el Servicio Geológico Mexicano (SGM) durante la elaboración de sus cartas geológicas escala 1:50,000, obteniendo que van desde el Oligoceno con Andesita y Riolita-Toba Riolítica, hasta depósitos aluviales y residuales del Holoceno, por ser los más completos. Las unidades aflorando sobre el eje ferroviario, de más antigua a más joven se describen de la siguiente manera (ver Ilustración 51):

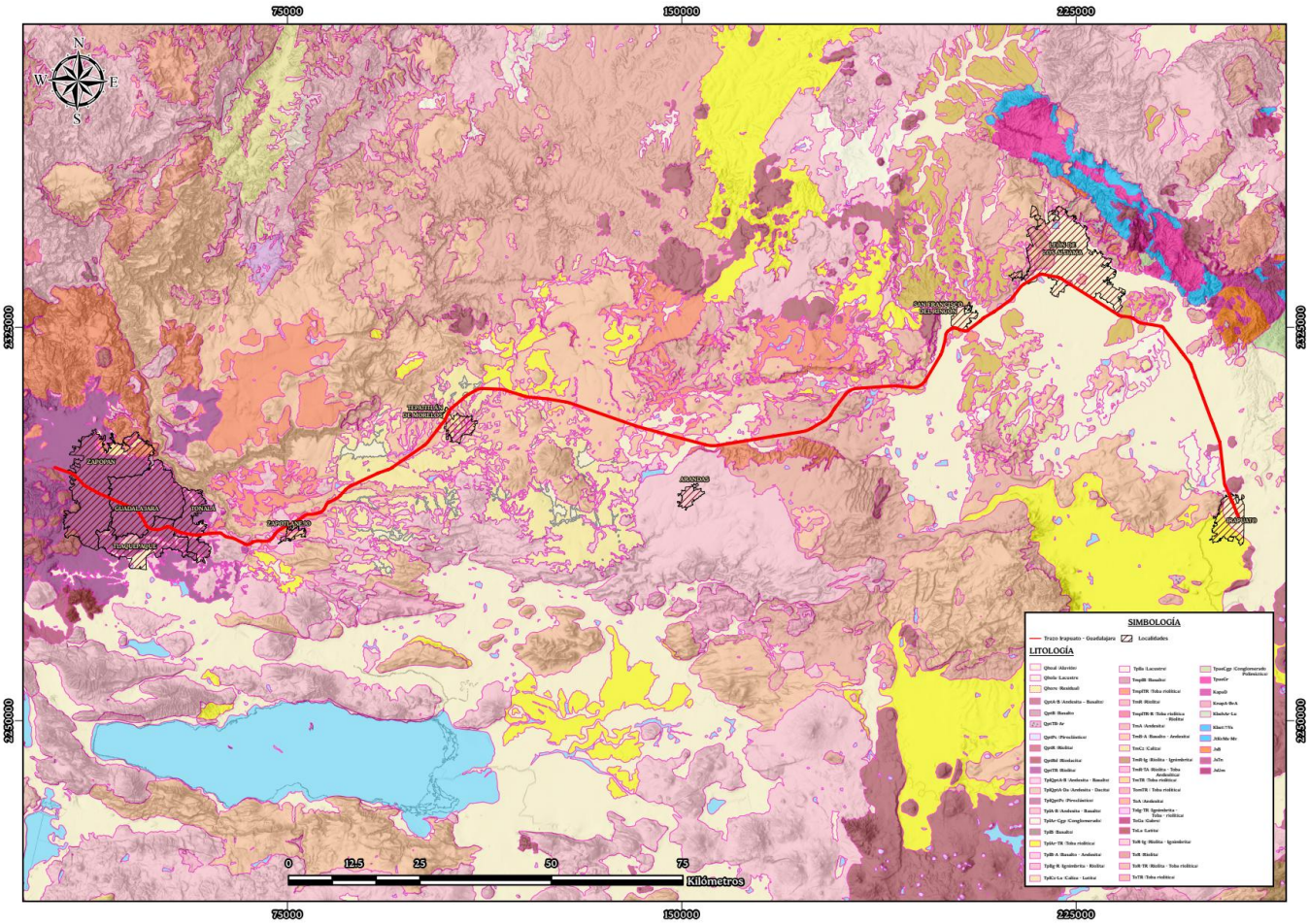


Ilustración 51. Defensa 2026, Mapa geológico regional escala 1:250,000 y columna estratigráfica local del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Riolita - Toba Riolítica del Oligoceno (ToR-TR) y Unidad Riolita-Ignimbrita (ToR-Ig).
Al realizar la exploración geológica se pudo apreciar riolitas de coloración rosada con contenido de feldespatos, cuarzo y fragmentos vítreos (de hasta 3 mm) inmersos en una matriz afanítica. Son rocas compactas y de buena resistencia, que únicamente se astilla al golpearla con el martillo geológico. El índice de calidad de la roca (RQD) varía entre 75 y 90%, evidenciando una masa rocosa competente, pero con un grado de fracturamiento elevado (Ilustración 52). Se identifican además tobas riolíticas poco consolidadas, constituidas por una secuencia de flujos y oleadas piroclásticas de tonalidades beige a marrón claro, en las que se presentan de forma discontinua horizontes ligeramente soldados (Ilustración 52).

En algunas regiones donde se encuentra esta unidad, a la base afloran depósitos co-ignimbríticos compuestos por bloques y fragmentos angulares de riolita de entre 2 y 60 cm, inmersos en una matriz de ceniza de tamaño arena gruesa. Estos depósitos presentan estratificación y gradación incipientes, así como estructuras de imbricación de clastos, canales de erosión y formas tipo duna. Mientras que, en otros sectores se presenta toba riolítica presenta una matriz fina (limo a arena) de composición ácida, con fragmentos líticos subredondeados a angulosos de composición intermedia (andesítica y riolítica), con tamaños que varían desde arena fina hasta gravas (3 a 70 mm). Se caracteriza por su color marrón claro con tonalidades beige claro a rosa claro en muestra fresca, y con tonos beige a gris en muestra alterada, textura areno-arcillosa y pseudoestratificación orientada predominantemente hacia el noreste. Mineralógicamente, está constituida por cuarzo, feldespatos, fragmentos de vidrio, biotita y minerales arcillosos producto de alteración.

Estructuralmente sus fracturas presentan una persistencia dominante de 1 a 3 m con apertura de 1 a 5 mm con relleno blando de material arcilloso. La unidad se presenta ligeramente alterada en la mayoría de los casos, en algunos otros la alteración aumenta, presentándose color rosa claro a beige claro en muestra fresca, y color beige a gris en muestra alterada. Conjuntando las características anteriores, la unidad se define como unidad de clase III regular, con un estado parcialmente estable según su RMR y GSI calculado. En una parte menor del terreno se observa el miembro superior, donde se identifican dos unidades, una constituida por una ignimbrita café rojizo, café claro o rosa claro de textura porfirítica con fenocristales de cuarzo, sanidino y esferulitas rellenas de cuarzo y zeolitas.

Andesita del Oligoceno (ToA): La Andesita Bernalejo del Oligoceno.
Se le asignó el nombre de andesita Bernalejo para describir un cuerpo de roca de origen extrusivo, color gris emplazado en lo que hoy corresponde a los caseríos de Bernalejo y La Perlita, Jalisco. Asimismo, se incluye dentro del Grupo León (Pérez-Martínez, 2012).

Dichas coladas andesíticas se presentan de forma masiva y de alta resistencia, con una coloración gris rojiza en zonas intemperizadas y gris en zonas inalteradas, o bien puede presentarse de color gris oscuro con tonos morados y verdosos. Con textura fanerítica a porfirítica, su mineralogía visible se compone de fenocristales de plagioclasa y piroxenos (augita e hiperstena) (Pérez-Martínez, 2012), presenta una matríz vítrea que le confiere una alta resistencia a los procesos erosivos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Cuenta con diversas familias de fracturas, dos de ellas predominan en el afloramiento, una subvertical y otra oblicua al afloramiento, con una persistencia general de 1 a 3 m, sin apertura o con una apertura <0.10 mm, y un RQD de 50-75% la unidad se observa ligeramente alterada y ligeramente rugosa, sin presencia de agua, por lo que, según su GSI y RMR se clasifica como una roca de clase II, buena y estable (Ilustración 52).

Unidad Arenisca-Conglomerado poligénico (TmAr-Cgp):
Gravas El Capulín
Consta de una secuencia de rocas sedimentarias poco consolidadas que afloran parcialmente en la porción Suroccidental de la Sierra de Guanajuato. Su localidad tipo se encuentra en la porción Centro-Oeste del estado de Guanajuato, específicamente en el rancho El Capulín (Lagarde-Zapata, 2020).

Esta unidad se presenta como depósitos de gravas y arenas no consolidadas con estratificación poco desarrollada, en algunos lugares la arena es tobácea, observándose entonces estratificación delgada; asimismo, los clastos en su mayoría son de composición riolítica, aunque existen, en cantidades menores, fragmentos andesíticos con tamaños que varían de 3 a 30 cm y están inmersos en una matriz arenosa, la abundancia de dichos clastos es muy variable, en algunos casos llegan a formar el 80%, mientras que en otros apenas alcanza el 10%. También, se documenta la presencia de estratos delgados intercalados de arena tobácea, arenisca y conglomerado polimíctico (Ilustración 52).

Basalto – Andesita del Mioceno (TmB–A): La Unidad TmB-A
Corresponde al primer evento magmático perteneciente a la Faja Volcánica Transmexicana. La secuencia está caracterizada por ser una unidad basáltica ampliamente distribuida desde la ciudad de Irapuato hasta la ciudad de Guadalajara. En toda su extensión estos basaltos han sido denominados de diferente manera: Basaltos San Cristóbal, alrededor de Guadalajara; Secuencia Máfica del Río Santiago, en los altos de Jalisco. Por su distribución tan amplia dentro de la zona de estudio, estas rocas del Mioceno Tardío guardan relación con varias de las unidades identificadas en el área de estudio (Ilustración 52).

Está integrada por rocas ígneas extrusivas de composición máfica a intermedias, recorriendo basaltos y andesitas con las variaciones de basalto-andesítico y andesita-basáltica según la composición mineralógica de la roca, presenta textura afanítica, y coloraciones que van de gris a gris claro en muestra sana, que cambia a tonalidades marrón rojizo claro en muestra alterada. Mineralógicamente se compone de olivino y piroxeno mayormente alterados, plagioclasas y óxidos de hierro. Estructuralmente presenta vesículas (textura amigdaloide) y fracturas. Esta unidad posee un RQD de 75% a 90% y una separación entre fracturas aproximada que va de 0.6 a 2.0 mm. El estado del sistema principal de fracturas, o discontinuidades, manifiesta una persistencia de 1 a 3 m, con aperturas que van de 0.1 a 5 mm, además tienen una superficie rugosa y relleno duro mayor que 5 mm; sin alteración aparente, pero con algo de humedad. Derivado de estas características, el macizo rocoso exhibe un material de buena calidad y estable. Los basaltos se encuentran intercalados con andesitas y tobas andesíticas fuertemente fracturadas y afectadas por fallas normales.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Riolita – Toba Andesítica del Mioceno (TmR-TA)
La unidad **TmR-TA** aflora al Oeste del municipio de Zapotlanejo y al Sureste del municipio de Tonalá. Consta de flujos piroclásticos de aproximadamente 1 m y 5 m de espesor, constituidos por horizontes con clastos de pómez y líticos subangulosos de rocas de composición riolítica e intermedia en gradación normal, en algunos casos se encuentra moderada a muy alterada con cristales de subhedrales de carbonato de calcio generados por posible disolución derivada de la alteración de la misma unidad (Ilustración 52). El afloramiento observado en el sitio se compone de toba lítica muy consolidada y moderadamente alterada, con matriz limosa color gris claro en muestra fresca y con tonos rojizos en muestra intemperizada, con fragmentos líticos embebidos de composición intermedia, además de pequeños cristales subhedrales de carbonato de calcio, presenta fracturas persistentes en tres direcciones preferenciales con persistencia menor a 1 m y apertura de 1 a 5 mm con relleno duro. Según el RMR y GSI obtenido con las propiedades antes descritas, la unidad se clasifica como Buena y Estable.

Unidad Toba Riolítica (TmplTR)
En campo, la unidad Toba Riolítica (TmplTR) se reconoció por afloramientos de tobas riolíticas de composición félsica, observadas en cortes naturales, cauces y laderas. Litológicamente, predominan variedades vítreas, líticas y cristalinas, compuestas por una matriz piroclástica de granulometría fina a arenosa, con textura afanítica a vítrea y presencia frecuente de cristales de cuarzo. Localmente se identificaron fragmentos líticos de composición riolítica y escasos minerales máficos, principalmente anfíboles.

La roca presenta tonalidades variables que incluyen gris claro, beige, crema, morado y rojizo en los sectores menos alterados, mientras que las zonas meteorizadas muestran colores café claro a café oscuro, asociados a procesos de oxidación e intemperismo. El grado de consolidación es heterogéneo, observándose desde materiales semicompactos y moderadamente consolidados hasta tobas altamente alteradas, friables y de baja cohesión. En algunos afloramientos se reconocieron posibles estructuras piroclásticas, como lapilli acrecionales embebidos en una matriz de ceniza volcánica consolidada.

La unidad suele encontrarse cubierta por depósitos residuales o aluviales de espesor variable, constituidos por materiales limo-arenosos y arcillo-limosos de plasticidad baja a media y cohesión baja a moderada.

Basalto – Andesita del Plioceno (TplB-A): La unidad TplB-A.
A lo largo del área de estudio se observan al menos 40 metros de espesor de la unidad aflorante, debido a su origen volcánico, es difícil estimar con precisión su espesor; sin embargo, las coladas lávicas generalmente no superan los 200 metros. La unidad se caracteriza por macizos dispuestos en bloques delimitados por fracturas predominantemente verticales y subverticales como una familia de fracturas de las tres familias que dominan la unidad litológica. La roca presenta tonalidades ligeramente rojizas o amarillentas-blanquecinas en zonas intemperizadas, asociadas a oxidación de minerales ferromagnesianos, la roca fresca es color gris a gris claro, tiene textura afanítica en una matriz cristalina.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Dentro de este conjunto, en algunos casos se observa mineralogía compuesta de fenocristales de plagioclasa y presencia de olivino con tonos anaranjados por alteración (Ilustración 52).

Presenta un RQD mayor al 60% en todos los casos, con persistencia variable en sus fracturas de 1 a 10 m y separación entre ellas de 0.6 a 0.20 m, lo que permite la formación de bloques y columnas. La roca al tacto se presenta de lisa a ligeramente rugosa con fracturas cerradas o con muy poca apertura con relleno blando en los casos que presenta. Con las características anteriores y obteniendo su GSI y RMR, se clasifica como una roca clase II, Buena y Estable.

Arenisca – Toba Riolítica del Plioceno (TplAr-TR).
La unidad se compone de toba ácida de tonalidad marrón claro, en muestra intemperizada se observa color marrón claro a grisáceo, con granulometría predominante de tamaño arcilla, seguida de arenas y estructura de terrones en algunos fragmentos intemperizados. En algunas secciones de la unidad se observaron pseudoestratos originados por diferentes eventos eruptivos de carácter explosivo y de depósito. Además, se tiene la presencia de acumulaciones de material arenoso de composición variable, sobreyaciendo a las tobas presentes. Sobre esta unidad se encuentra una capa delgada de suelo color marrón claro con textura arcillosa y presencia de vegetación (Ilustración 52).

La secuencia vulcanosedimentaria es de aproximadamente 50 m de espesor, con 20 metros de espesor visible en la zona. Está caracterizada por su basculamiento hacia el Norte; se trata de una alternancia de sedimentos lacustres representados por limos, diatomitas y arcillas intercalados con conglomerados y depósitos volcánicos; el espesor individual de los sedimentos es menor de 4 m; los horizontes de ceniza son de 0.8 m a 12 m de espesor y el material piroclástico no está soldado y tiene pómez de 0.02 m - 0.22 m de diámetro soportados por una matriz vítrea. En la parte superior de la sección hay un horizonte de 0.8 m de espesor compuesto únicamente por pómez, el cual probablemente fue depositado en condiciones acuosas. En algunas áreas el espesor estimado es de 800 m, (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Arenisca – Conglomerado Poligénico del Plioceno - Pleistoceno (TplQptAr-Cgp).
En el intervalo Plioceno-Pleistoceno, se tienen sedimentos continentales de origen fluviolacustre, con matriz compuesta material poco consolidado de tamaño arcilla y arenas finas a medias, color marrón, con clastos embebidos de 4 a 20 mm de composición variable, coexistiendo con un conglomerado de la misma matriz, con coloración que varía de gris a marrón oscuro, marrón rojizo y marrón claro en roca fresca, con fragmentos líticos que van de 1 a 100 mm de composición basáltica, riolítica y mixtos redondeados a subredondeados (Ilustración 52).

Andesita – Basalto del Pleistoceno (QptA-B).
Esta unidad se comprende de derrames de andesitas- basaltos color gris de edad Cuaternaria, con mineralogía visible de plagioclasas, piroxeno y anfiboles con textura fanerítica a afanítica. En su mayoría, la roca se encuentra fracturada y presenta una coloración gris con tonalidades marrón claro en las zonas intemperizadas, mientras que en las zonas frescas adquiere un tono gris claro. Estructuralmente se distinguen al menos tres sistemas de fracturas que delimitan bloques de geometría rectangular con bordes irregulares o en lajas en otras zonas. Las discontinuidades

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

presentes cuentan con relleno de material oscuro de origen secundario, así como vetillas de calcita, con persistencia variable de 1 hasta 10 m. Las características observadas en superficie indican un notable grado de meteorización e intemperismo, el espesor de estos derrames es de 50 a 100 m en general, en la exploración de campo se observan de 5 a 10 m aflorando (Ilustración 52).

Toba Riolítica del Pleistoceno (QptTR).
Nombrado como "Toba Tala", es un depósito característico de la Caldera de la Primavera, en la zona de estudio se observa un espesor de 10 m de material aflorante compuesto de flujos piroclásticos de composición riolítica, representados por clastos de pómez carentes de matriz de distintos tamaños, intercalados ceniza de tamaño arcilla y arena, de color gris en muestra fresca y blanco amarillento en muestra intemperizada, en horizontes que varían de 10 cm a 40 cm de clastos de pómez blanca, redondeada, de alrededor de 0.5 cm de diámetro en promedio, en algunas partes se observan fragmentos de clastos andesíticos y vidrio volcánico embebidos con un tamaño menor a 3 cm. En los pozos geotérmicos perforados por la Comisión Federal de Electricidad en la Caldera La Primavera, el espesor máximo de la Toba Tala fue de 600 m (Ilustración 52). Es una unidad ligeramente alterada, sin presencia de agua ni fracturas visibles y poco consolidada, por lo que su clasificación según el RMR y GSI calculado arroja una roca de clase III, regular y parcialmente estable.

A su actividad estuvo asociada una fase efusiva que está representada por domos de composición riolítica (QptTR) localizados en su periferia. El espesor de la unidad es variable, pero puede establecerse un promedio de unos 300 m. En el caso de los domos que se ubican en la caldera, sobreyacen a la Toba Tala y las edades isotópicas sugieren una edad claramente Cuaternaria para estas rocas. El cerro El Colli es el más joven de estos domos y tiene una edad de 0.035 Ma (Barrera-Hernández, et al., 1998).

Depósitos Aluviales del Cuaternario (Qhoal).
Sobre las unidades del Oligoceno, Mioceno Plioceno y Pleistoceno, se encuentra la unidad aluvial, se compone de material arcilloso color gris – marrón claro con un bajo porcentaje de limos y arenas finas subangulosas, originados por la desintegración, transporte y depósito de rocas preexistentes, además de algunos líticos agregados de las actividades aledañas que se componen de grava fina a gruesa de composición predominantemente de origen ígneo debido al origen del subsuelo de la zona. Sobre este material se observa un máximo aprovechamiento del suelo para uso agrícola en la zona, por lo que la mayor parte de este sedimento se encuentra sometido a humedad periódica (Ilustración 52).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Depósitos Residuales (Qhore).

Unidad conformada por suelos residuales arcillosos de color marrón, generados por la alteración y meteorización de materiales volcánicos subyacentes. Litológicamente, presenta una matriz arcillosa con inclusiones de fragmentos líticos subangulosos de composición volcánica. Desde el punto de vista geotécnico, exhibe una compactación media, alta plasticidad y cohesión media, condiciones que influyen en su comportamiento mecánico y estabilidad superficial (Ilustración 52).

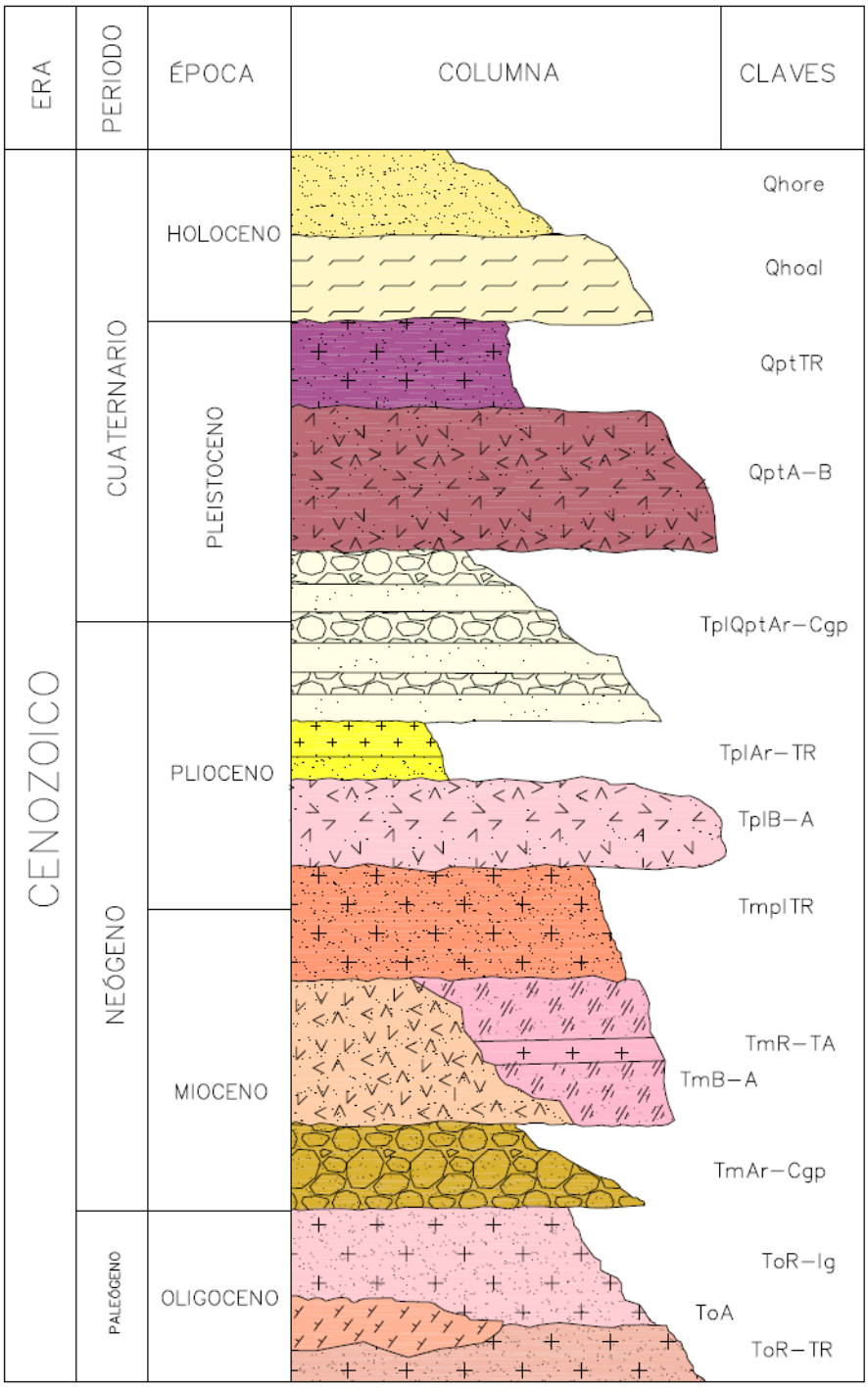


Ilustración 52. Defensa 2026, Columna estratigráfica local del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XIV. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El área de estudio se encuentra comprendida dentro de la provincia geológica Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), e interactúa, o colinda, con las provincias Sierra Madre Occidental y Meseta Central. Como resultado de diversos pulsos magmáticos y eventos tectónicos, se desarrollaron estructuras geológicas de gran relevancia que influyen de manera significativa en el área de interés. En la parte oriente del área de interés se encuentran los siguientes sistemas de fallas principales: Sistema de falla del Bajío, el Graben Villa de Reyes y Graben de La Sauceda.

El Sistema de Falla del Bajío se encuentra dividido en dos segmentos. El primero se extiende desde Celaya hasta Salamanca, mientras que el segundo abarca desde Salamanca hasta el norte de León. Este sistema de fallas está influenciado por el Graben de La Sauceda, el cual da lugar a la formación de dos bloques: un bloque levantado, constituido por la Sierra de Guanajuato y la Sierra de Codornices, y un bloque hundido, denominado la Cuenca de El Bajío (del Río-Varela, et al., 2020)

A lo largo de la extensión de la Falla del Bajío se aprecian estructuras secundarias, como fracturas y fallamientos menores. Estas estructuras se generaron como resultado de distintos eventos que dieron origen a las estructuras principales, como el Graben de La Sauceda y la Falla del Bajío. El Graben de La Sauceda está definido por tres fallas normales principales: Falla Septentrional, con orientación N65°E, y las fallas Meridional y Falla La Glorieta. Estas estructuras cortan o traviesan a fallas secundarias asociadas la Falla del Bajío.

Asimismo, al noreste del fallamiento del Bajío, delimitado por la Sierra de Guanajuato, se reconocen las estructuras del Graben Villa de Reyes y las fallas del distrito minero de Guanajuato, así como fracturas y fallamientos secundarios asociados (del Río-Varela, et al., 2020).

Hacia el poniente de León se puede encontrar el bloque de San Francisco del Rincón, el cual muestra una serie de fallas y fracturas asociadas con centro de emisión volcánicas (Salas Vallejo, 2021). Entre León y San Francisco del Rincón se presenta fallas normales, con dirección NE-SW; la primera, ubicada casi paralela a la carretera “León-San Francisco”, se encuentra buzando al SE, mientras que la segunda, siendo inferida, buza hacia el NW. A pesar de encontrase a una distancia de 8 km entre fallas, la configuración hace que se genere una estructura tipo graben denominada “Graben Penjamillo”.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Se observa que, de San Francisco del Rincón hacia Tepatitlán de Morelos, hubo una gran actividad tectónica lo que genero fallamiento de tipo distensivo en la región, expresado bloques delimitados por fallas normales; así mismo, estas fallas principales dieron origen a fallamientos menores y fracturas. Desde Tepatitlán de Morelos hasta Guadalajara se registran significativas e importantes estructuras geológicas, producto de eventos tectónicos de gran magnitud. De manera concreta, la zona se ve influenciada por el Graben de Colima y el Graben de Chapala, así como por el sistema de fallas Los Altos (Ilustración 25).

Los diagramas de roseta fueron elaborados a partir de 466 mediciones de rumbo y echado de estructuras geológicas registradas a lo largo de 284.73 km del Tramo Irapuato - Guadalajara, con el propósito de identificar las direcciones preferenciales de las discontinuidades y reconocer las familias estructurales dominantes en el área de estudio. Estas fallas y fracturas se interpretan como estructuras menores derivadas de otras de mayor magnitud, tales como la Falla del Bajío, el Graben de Villa de Reyes y el sistema de Fallas de Los Altos. La distribución de frecuencias evidencia una orientación moderadamente dispersa, aunque se distinguen tendencias preferenciales bien definidas. La mayor concentración de datos se presenta entre los 240° y 250°, lo que corresponde a una familia principal con orientación NE–SW. Esta tendencia constituye el sistema estructural dominante dentro del conjunto de datos.

Adicionalmente, se reconocen concentraciones secundarias con orientaciones aproximadas NW–SE (300°-350°), las cuales representan familias subordinadas de menor frecuencia. La presencia de estas orientaciones indica que el macizo rocoso no está controlado por un único sistema de fracturamiento, sino por la interacción de varios conjuntos de discontinuidades (Ilustración 53).

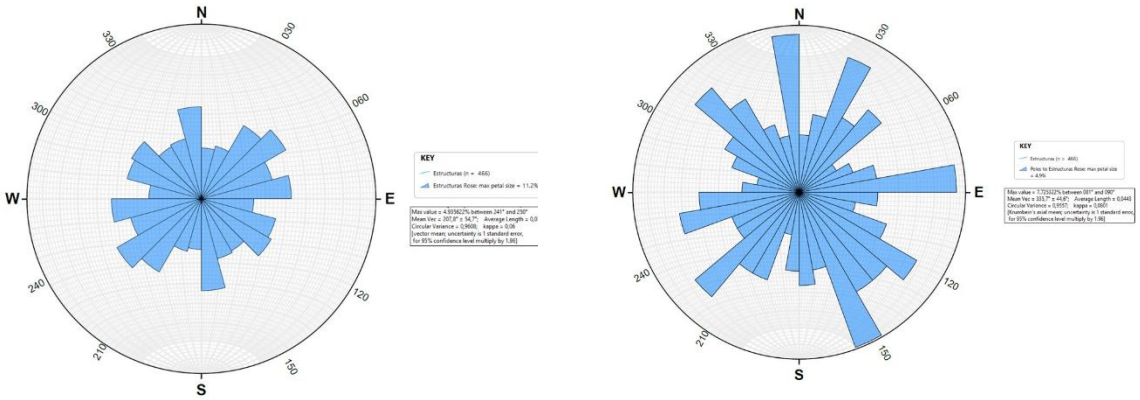


Ilustración 53. Defensa 2026, Representación gráfica de los 466 datos estructurales correspondientes a fallas y fracturas del tramo Irapuato-Guadalajara, a) diagrama de roseta rumbos, b) diagrama de roseta echados.

XV. RIESGOS GEOLÓGICOS.

Desde una perspectiva técnica, un riesgo geológico se define como la probabilidad de ocurrencia, en un período y área determinados, de un fenómeno geológico de origen natural, cuya intensidad puede causar daños o pérdidas (Alexander, 1993). La identificación de estos riesgos implica el análisis de múltiples variables físicas y geográficas, incluyendo morfología del terreno, geología estructural, antecedentes históricos, actividad sísmica, pendiente y uso del suelo (Keefer & Wilson, 1984). Es fundamental distinguir entre los conceptos de peligro y riesgo geológico que, aunque están relacionados no son equivalentes:

- **Peligro geológico:** se refiere exclusivamente al fenómeno natural en sí mismo, su probabilidad de ocurrencia, su intensidad y su localización. Es decir, es una propiedad del entorno natural (Alexander, 1993).

- **Riesgo geológico:** es la probabilidad de que el peligro geológico afecte a la población, la infraestructura y los ecosistemas. Este concepto incorpora factores como la vulnerabilidad de la población y la exposición al evento, es decir, la cantidad de personas o propiedades que podrían verse afectadas por el fenómeno. El riesgo geológico es un producto de la interacción entre el peligro y la vulnerabilidad del área afectada (Alexander, 1993).

Sus orígenes se asocian a la dinámica de la litosfera, la ubicación, la intervención humana y otros componentes del planeta (movimiento de placas tectónicas, erupciones volcánicas, erosión y depósito).

Los riesgos geológicos son los que causan mayores catástrofes naturales y con el fin de poder actuar de forma preventiva y minimizar el impacto de estos peligros tanto de las personas como en la infraestructura, es necesario conocer su comportamiento y su distribución para la zona del Tramo Irapuato - Guadalajara.

Por su dinámica, estos fenómenos se originan de procesos tanto internos como externos en la Tierra:

Riesgos geológicos internos

- **Volcanes:** Las erupciones volcánicas pueden originar flujos de lava, emisiones de gases tóxicos y cenizas, representando una amenaza para las poblaciones cercanas.

- **Sismos:** Resultan de la liberación de energía en la corteza terrestre, con potencial destructivo sobre edificaciones y la población.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Riesgos geológicos externos

- **Inundaciones:** Se producen por el desbordamiento de cuerpos de agua, ya sea por precipitaciones intensas, deshielos o acciones humanas.
- **Movimientos gravitacionales:** Incluyen deslizamientos y caídas de rocas, derivados de la inestabilidad del terreno provocada por factores naturales o antrópicos.

Colapsos y expansiones: los colapsos surgen cuando el suelo pierde repentinamente resistencia y se deforma abruptamente, mientras que, las expansiones se derivan del incremento de volumen que experimentan ciertos suelos al absorber agua. Este comportamiento está asociado principalmente a minerales arcillosos expansivos como montmorillonita, esmectitas y bentonitas. Cuando estos minerales se hidratan, las moléculas de agua penetran entre sus láminas cristalinas produciendo un aumento significativo de volumen. Posteriormente, durante periodos secos, el suelo pierde humedad y se contrae, generando ciclos continuos de expansión y retracción.

Los mapas de riesgo para el Tren de Pasajeros Irapuato-Guadalajara se realizaron a través del análisis de la información generadas por instituciones como INEGI y CENAPRED mediante el usos de software de Sistemas de información Geográfica (SIG) para la visualización y manipulación de la información disponible del histórico de zonas con colapsos registrados y las regiones que presentan suelos con las características propias a ser susceptibles a expansión, con el propósito de evaluar el nivel de riesgo ante distintos procesos geológicos en las zonas de influencia del Tramo Irapuato - Guadalajara, para que, en caso de encontrarse, se planteen las estrategias más adecuadas para su exploración con la finalidad de descartar la susceptibilidad al mismo.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

A. RIESGO POR INUNDACIÓN.

Las inundaciones son fenómenos naturales que ocurren cuando el agua sobrepasa la capacidad de drenaje de un área en específico (Matías Ramírez, Cruz García & Eduardo, 2017). Puede ser causado debido a eventos como lluvias intensas, desbordamientos de ríos, rompimiento de represas o el incremento del nivel del mar. Este proceso puede ser repentino o gradual, y representa una de las amenazas naturales más frecuentes y devastadoras a nivel global (Smith & Ward, 1998).

a. Metodología.

Para la elaboración del mapa de riesgo por inundación, se descargaron archivos ráster, obtenidos en el portal "Continuo de Elevaciones Mexicano y Modelos Digitales de Elevación" de INEGI, para identificar las zonas con mayor y menor elevación dentro de la zona de estudio. Posteriormente, se utilizó la función de Reclassify en el software especializado ArcGIS para reasignar valores al ráster, agrupando o modificando sus clases según criterios específicos (Ilustración 54).

El CEM permite examinar variaciones de elevación en el terreno, identificando: depresiones naturales donde puede acumularse agua, pendientes suaves que dificultan el escurrimiento superficial que tienen alta probabilidad de anegamiento durante lluvias intensas o crecientes. Las áreas con menores valores de elevación son naturalmente más propensas a inundarse, ya que el agua tiende a fluir hacia los puntos más bajos del terreno. Es por esto que se reclasificó la información tomando el valor más alto de elevación dentro de la zona de estudio, el cual es de 3394 y el valor más bajo de 673. Finalmente, se clasificaron los valores en rangos para determinar las zonas de riesgo por inundación, obteniendo los siguientes valores (ver TABLA 26).

TABLA 26. NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN.

GRADO	ELEVACIÓN (MSNM)
Muy alto:	673 - 1572
Alto:	1572 - 1710
Medio:	1710 - 1794
Bajo:	1794 - 1900

b. Resultados.

Del mapa de riesgo por inundación para el tramo de Irapuato – Guadalajara, fue posible definir 3 zonas con características similares y que representan niveles de riesgo diferentes (ver Ilustración 54):

Zona A. Se extiende desde Irapuato hasta el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato y corresponde a la cuenca sedimentaria del Bajío guanajuatense, de topografía media que forma una llanura aluvial delimitada por varias familias de discontinuidades. Esta región recibe aporte de sedimentos y agua desde las partes altas por lo que se cataloga como un área con riesgo medio a inundación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Zona B. Comprende desde el municipio de San Francisco del Rincón, en Guanajuato hasta el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, la ruta geográfica que une a estos dos municipios es la región con mayor elevación del Tramo Irapuato - Guadalajara y corresponde a Los Alto de Jalisco. Se caracteriza por terrenos elevados, suaves pendientes que favorecen el escurrimiento natural del agua hacia las zonas bajas, suelos bien drenados en su mayoría y presencia de cuencas cerradas y cañadas que canalizan las lluvias hacia valles específicos, evitando acumulaciones generalizadas por lo que, el riesgo de inundación es muy bajo y bajo.

Zona C. Abarca desde el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco hasta Zapopan. Se observa que, forma parte del valle de Atemajac, una cuenca con relieve mayormente plano, rodeado de cerros, compuesto por suelos volcánicos con pendientes suaves y un perfil ondulado, que implica un riesgo por inundación que va de alto a muy alto. Esta configuración crea zonas bajas y anegadizas en la mancha urbana, donde cambios en cauces naturales y urbanización intensa han generado inundaciones recurrentes durante lluvias intensas (Hernández-Uribe, et al., 2015).

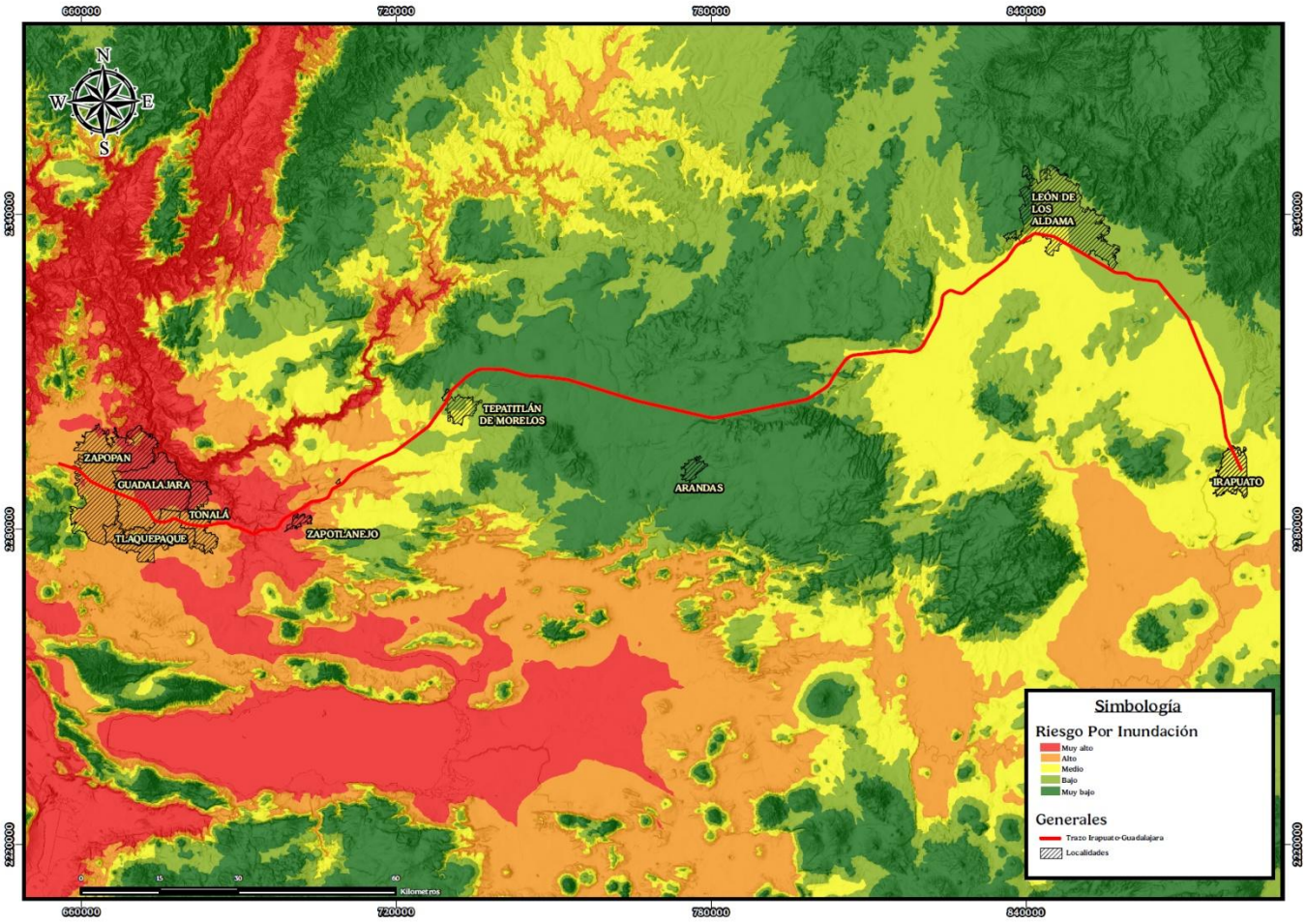


Ilustración 54. Defensa 2026, Mapa de riesgo por inundación del tramo Irapuato –Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS.

Los suelos colapsables son materiales no saturados que, al experimentar una repentina entrada de agua, sufren una pérdida de volumen significativa y rápida, provocando asentamientos diferenciales en estructuras construidas sobre ellos (Nelson & Miller, 1992). Generalmente, estos suelos presentan una estructura aparentemente estable en estado seco, pero internamente débil, compuesta por partículas unidas por fuerzas capilares o pequeños puentes minerales, los cuales colapsan al aumentar la humedad.

El principal riesgo geológico asociado con estos suelos es el colapso súbito del terreno, lo cual puede afectar la estabilidad de viviendas, carreteras y obras civiles (Houston, et al., 2001).

Por otro lado, los suelos expansivos tienen la capacidad de aumentar su volumen al absorber agua y contraerse al secarse, lo que genera movimientos de expansión y contracción que pueden dañar cimentaciones, pisos y muros (Nelson & Miller, 1992). Este comportamiento es típico de suelos arcillosos.

a. Metodología

Para la identificación de zonas con posible riesgo por suelos expansivos, se utilizó información edafológica a escala 1:250 000 para el área del Tramo Irapuato - Guadalajara, descargada desde la página de INEGI (2021), que fue analizada con el riesgo por hundimientos o agrietamientos que se encuentra disponible en el portal de Atlas Nacional de Riesgos que integró CENAPRED. Se procesó la información mediante un SIG para la zona de estudio, con la finalidad de identificar zonas con riesgo de hundimiento y presencia de suelos vertisoles, los cuales son los principales suelos expansivos.

b. Resultados.

En el mapa de suelos expansivos (ver Ilustración 55) destacan 2 zonas del Tramo Irapuato - Guadalajara:

Zona A. Inicia en la ciudad de Irapuato y se mantiene hasta el municipio de San Francisco del Rincón. Se caracteriza por la presencia de suelos vertisoles y agrietamientos sobre el derecho de vía. Los vertisoles son los principales suelos expansivos, lo que puede generar serios problemas para la infraestructura y la estabilidad del terreno, debido a que tienen una estructura masiva y alto contenido de arcilla, la cual es expansible cuando está húmeda, formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad, su color más común es el negro o gris oscuro. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Esta propiedad genera movimientos significativos en el terreno, cuando no son removidos, causando hundimientos y agrietamientos, lo que representa un riesgo geotécnico para la infraestructura y el desarrollo urbano. Su comportamiento frente a cambios de humedad y carga los convierte en un factor de riesgo geológico al ser una zona de expansión y contracción del suelo causando daños estructurales.

Zona B. Abarca del municipio de Zapotlanejo hasta Zapopan, donde se observa poca o nula presencia de suelos vertisoles, pero se han reportado casos por hundimientos, lo cual puede atribuirse a subsuelo inestable por infraestructura hidráulica deteriorada, urbanización en zonas de riesgo y lluvias intensas que erosionan el terreno. Por lo que no implica un riesgo por suelos colapsables y expansivos.

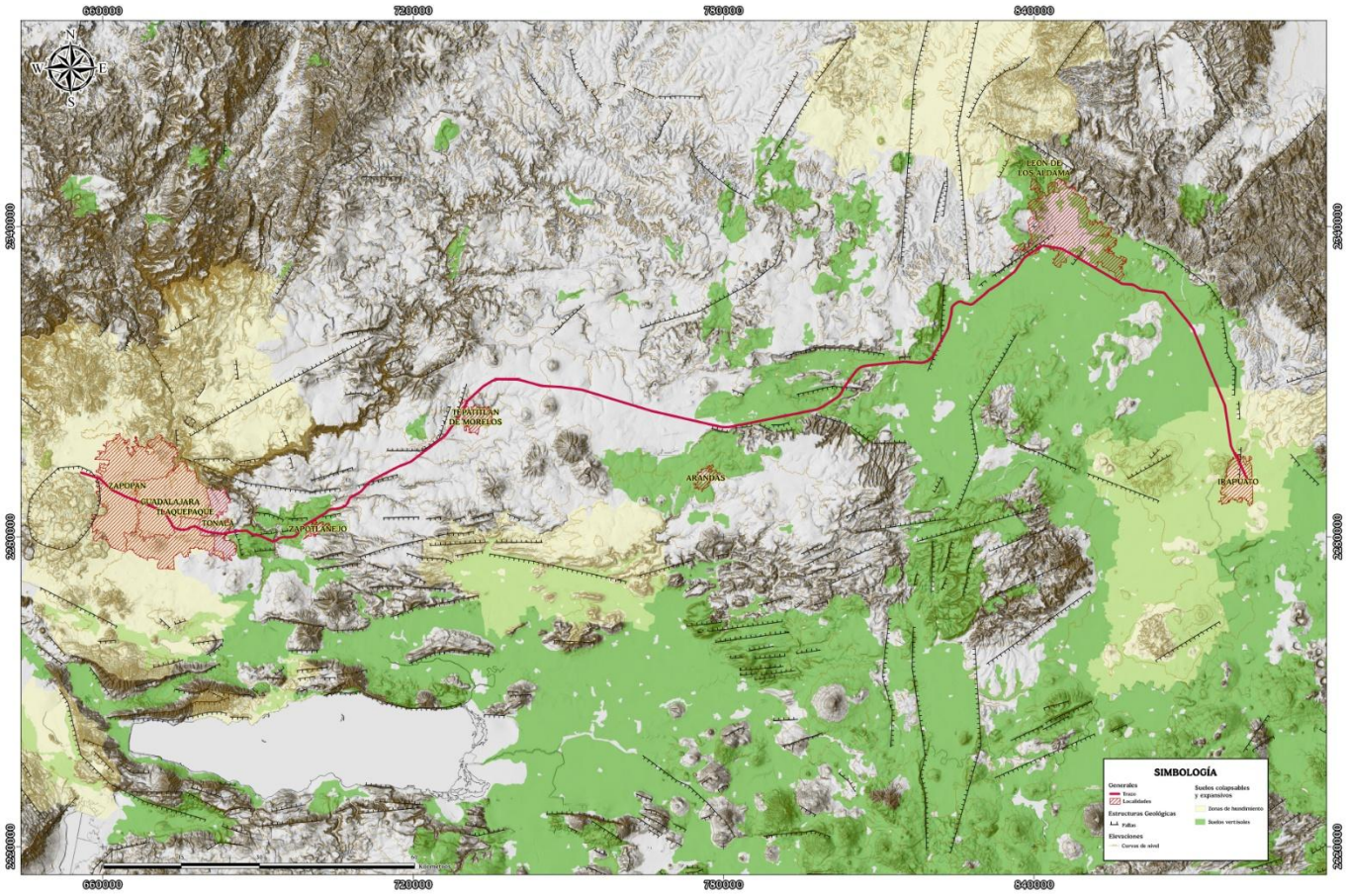


Ilustración 55. Defensa 2026, Mapa de suelos colapsables y expansivos del tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

C. SUBSIDENCIA

La subsidencia consiste en el hundimiento progresivo de la superficie del terreno, el fenómeno se presenta principalmente en suelos de origen lacustre y en depósitos aluviales y fluviales, constituidos por partículas finas de suelo como arcillas, limos y arenas finas (CENAPRED, 2022). Son varias las causas que pueden provocar la deformación del terreno, entre éstas se tienen: la aplicación de cargas superficiales, la deformación natural, el hundimiento por extracción de agua y la contracción por desecación natural. Sin embargo, el proceso que más influye en la deformación del subsuelo es la consolidación por extracción de agua y son predominantemente verticales, con hundimientos diferenciales que se manifiestan en agrietamiento del suelo. La velocidad de deformación por extracción de agua depende también de la permeabilidad de los materiales y de la forma y tamaño de sus partículas, por lo que no sucede de manera inmediata, sino que se desarrolla en el transcurso del tiempo, y pueden ser necesarios varios años o décadas para que este fenómeno sea visible y ocasione daños, que pueden llegar a ser irreparables, en obras de ingeniería, monumentos históricos e infraestructura.

a. Metodología

La herramienta principal para la detección y modelado de estos desplazamientos es la interferometría SAR (interferometría con imágenes de radar de apertura sintética) y se apoya en estaciones de redes geodésicas (INEGI, 2020). El resultado de este análisis son imágenes tipo ráster que describen la superficie afectada por subsidencia y los hundimientos promedio ocurridos en el periodo de las imágenes SAR que se utilizaron para el estudio, calculados mediante técnicas de interferometría Diferencial SAR (DInSAR) avanzadas a partir de imágenes SAR de los sensores satelitales Sentinel-1, para estimar la afectación que se produce sobre los valores de la componente de altura en las coordenadas de las estaciones geodésicas ubicadas en las zonas afectadas.

Para el análisis de subsidencia en la región de Tramo Irapuato - Guadalajara se tomaron en cuenta los datos SAR de INEGI. Sin embargo, los análisis sólo cubren las zonas con mayor afectación, las zonas con indicios de daños menores, presentan dificultad para su cuantificación mediante interferometría SAR, por lo que, el análisis de subsidencia no se desarrolla a lo largo de la totalidad de la propuesta de Tramo Irapuato - Guadalajara. De manera estratégica, se presentan los resultados para subsidencia de las ciudades más importantes en la región del eje ferroviario: Irapuato, León y Guadalajara, a partir del promedio anual de hundimientos en milímetros por año (TABLA 27).

TABLA 27. NIVEL DE RIESGO POR SUBSIDENCIA.

COLOR	TIPO DE SUBSIDENCIA	HUNDIMIENTO ANUAL PROMEDIO
Verde	Baja subsidencia / Estabilidad relativa	0-30 mm/año
Amarillo	Media subsidencia / Deformación incipiente	30-40 mm/año
Naranja	Media subsidencia / Deformación incipiente	40-50 mm/año
Rojo	Alta subsidencia / Zonas activas de hundimiento	50-100 /año

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

b. Resultados

Irapuato

El análisis de subsidencia anual promedio en el periodo comprendido de 2017-2019, permitió identificar que existe una región con alta susceptibilidad entre los municipios de Salamanca e Irapuato donde los valores de hundimiento incrementan notablemente de 50 a 100 mm/año. Esta zona de subsidencia se extiende de manera irregular y, se asocia a la sobreexplotación de los acuíferos por agricultura de riego y abastecimiento urbano en materiales poco consolidados de origen aluvial (Ilustración 56).

El comportamiento general del área muestra zonas relativamente estables en sectores periféricos (0-20 mm/año) con subsidencia baja, que suelen corresponder a áreas con menor explotación de acuíferos. El trazo atraviesa zonas amarillas (30-40 mm/año), que indican un proceso de hundimiento progresivo de suelos aluviales o lacustres, especialmente en la periferia sur de Irapuato, lo que implica que el trazo estaría sometido a asentamientos diferenciales. Así mismo, la intersección del trazo con zonas de color rojo oscuro (60-100 mm/año) corresponde a áreas de subsidencia muy alta, asociadas a una elevada probabilidad de asentamientos diferenciales significativos (Ilustración 56).

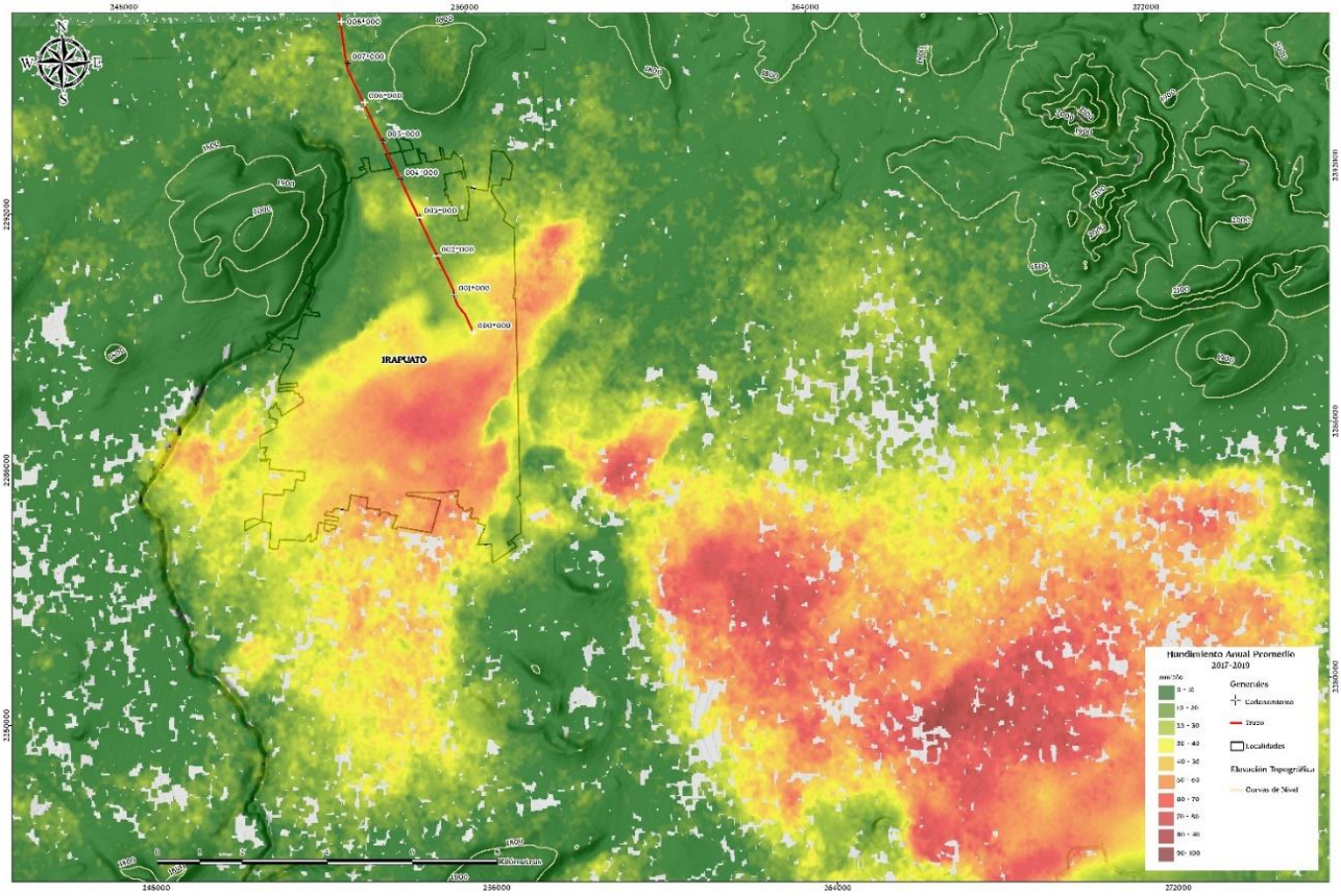


Ilustración 56. INEGI 2017, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de Irapuato-Salamanca Gto., en el periodo 2017-2019.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Silao

El mapa presenta la distribución espacial del hundimiento anual promedio (subsidencia) para el periodo 2017–2019 en una porción del municipio de Silao, Guanajuato, expresado en milímetros por año (mm/año). La cartografía emplea una escala de colores en la que los tonos verdes representan zonas con menores tasas de subsidencia (0–20 mm/año), mientras que los tonos amarillos, naranjas y rojos indican un incremento progresivo en la magnitud del hundimiento, alcanzando valores de hasta 100 mm/año.

A lo largo de su recorrido se observa que el trazo atraviesa sectores con diferentes niveles de subsidencia. En la mayor parte del trayecto predominan valores entre 20 y 40 mm/año, correspondientes a una subsidencia moderada; sin embargo, aproximadamente entre las progresivas 023+000 y 025+000 se identifica una zona con mayor intensidad de hundimiento, donde los valores oscilan entre 40 y 60 mm/año, e incluso localmente pueden presentarse valores superiores. Este comportamiento indica que el proyecto ferroviario intercepta una zona con variabilidad espacial en la deformación del terreno, lo que representa un aspecto relevante desde el punto de vista geológico y de diseño de infraestructura (Ilustración 57).

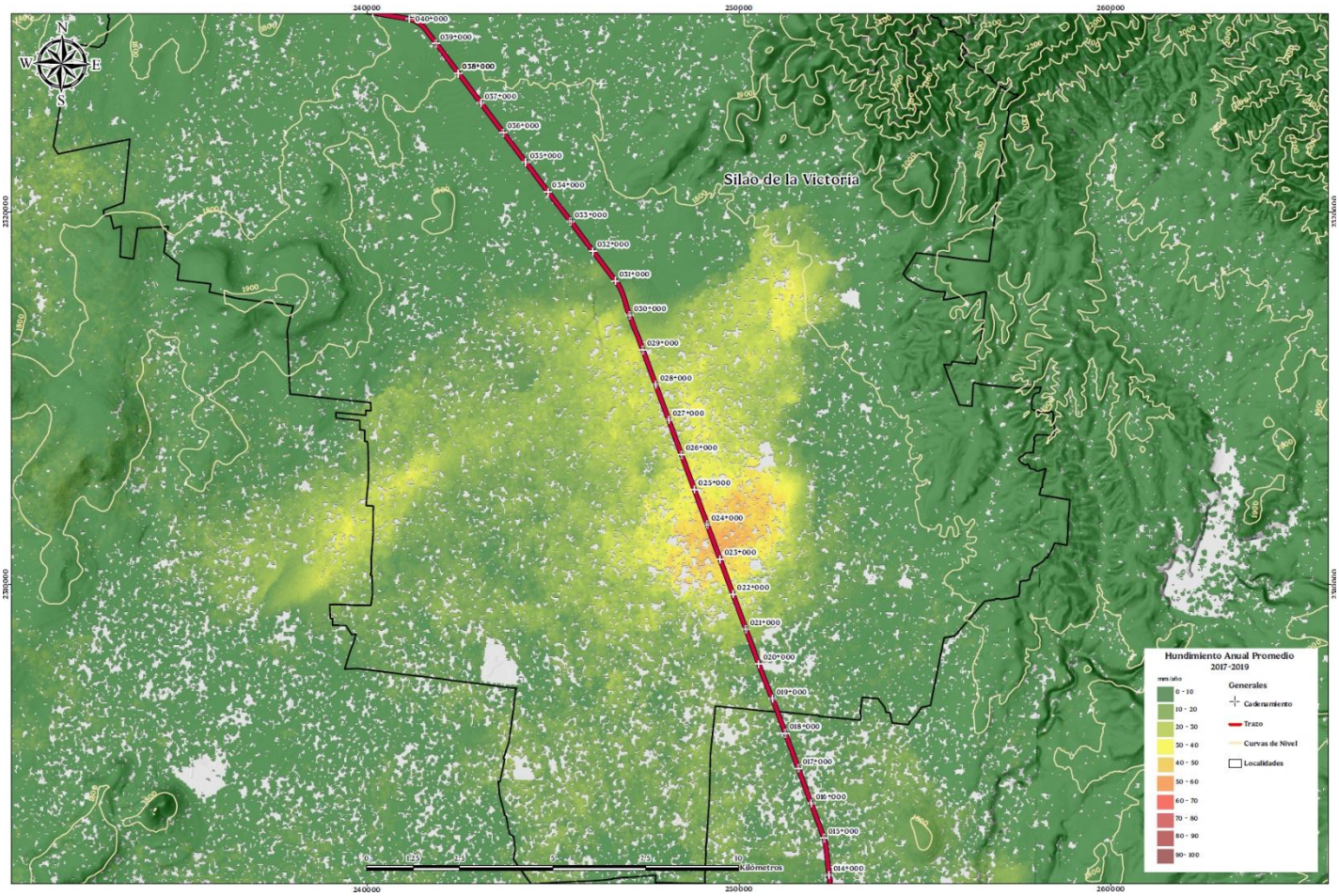


Ilustración 57. INEGI 2017, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de Silao, Gto., en el periodo 2017-2019.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

León de los Aldama

El análisis de subsidencia para la región de León de los Aldama en el periodo comprendido entre 2017-2019, indica que las zonas verdes (0-30 mm/año) corresponden a terrenos relativamente estables, localizados principalmente al norte de la ciudad. Estas áreas se asocian con la presencia de suelos más competentes o con una menor explotación del acuífero. Así mismo, se identifican zonas amarillas (30-40 mm/año) que representan subsidencia moderada, extendida y continua. De igual forma, se reconocen zonas naranjas a rojas (40-100 mm/año) de subsidencia regional alta, lo que implica alta probabilidad de deformaciones diferenciales del terreno, los valores más altos se localizan justo en la salida SO de la ciudad de León, extendiéndose hacia la zona agrícola y alcanzando el SE de la comunidad de San Francisco del Rincón (Ilustración 58).

El Tramo Irapuato - Guadalajara intersecta directamente con áreas de hundimiento alto, por lo que se infiere que la extracción de agua asociada por actividades agrícolas, en materiales poco consolidados de origen aluvial, tienen un alto impacto directamente con el grado de subsidencia anual (Ilustración 58).

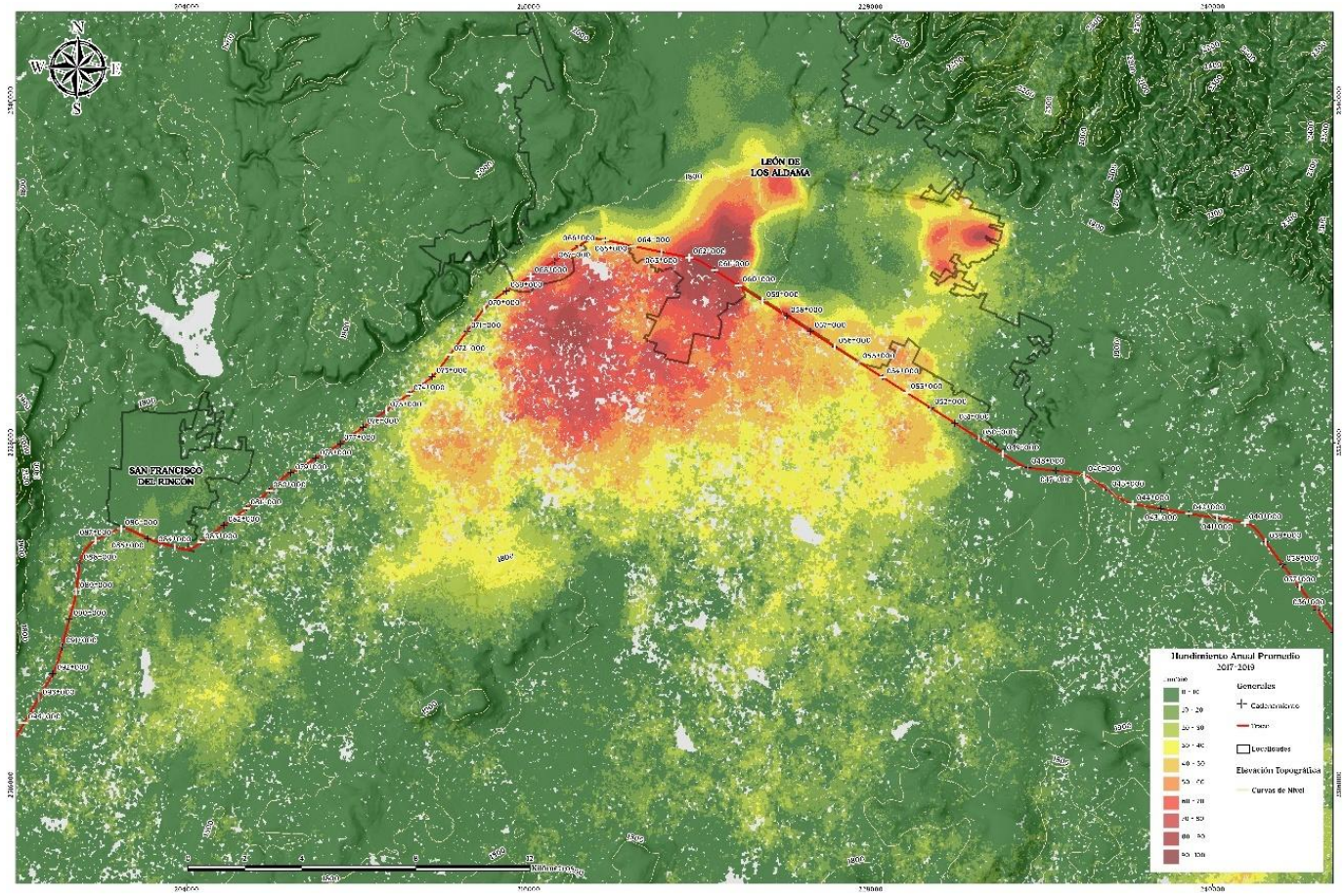


Ilustración 58. INEGI 2022, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de León, Gto; en el periodo 2017-2019.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Guadalajara

El análisis de hundimientos para la ciudad de Guadalajara en el periodo comprendido de 2018-2021, junto con el Tramo Irapuato – Guadalajara, mayoritariamente sobre zonas clasificadas como estables y con baja probabilidad de subsidencia, permitió descartar un riesgo significativo por hundimientos en el interior de la ciudad, a pesar de que la mancha urbana se encuentra asentada una toba félsica parcialmente consolidada. La mayor parte del área urbana presenta valores de hundimiento bajos (<20mm/año), lo que indica una estabilidad relativa del terreno. No obstante, se identifican dos zonas bien definidas de hundimientos altos (60-100 mm/año), que pueden asociarse al contacto litológico entre la Toba Tala y los depósitos aluviales, materiales que presentan diferencias en competencia y grado de consolidación. Estas zonas se localizan al sur del municipio de Zapopan y al oeste de Tlaquepaque. En consecuencia, no se identifica subsidencia activa significativa que pueda representar un riesgo para la estabilidad del Tramo Irapuato - Guadalajara (Ilustración 59).

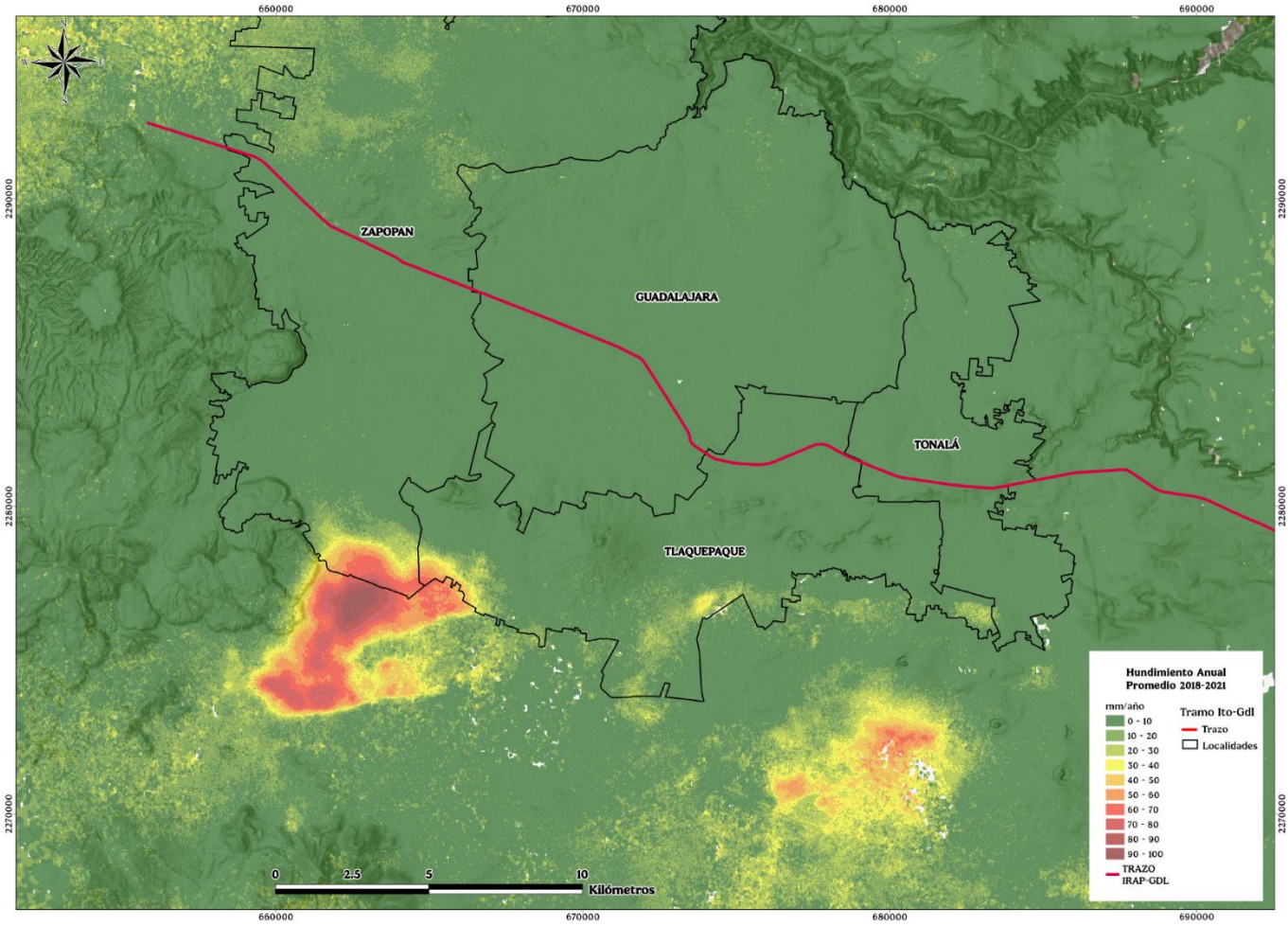


Ilustración 59. INEGI 2023, Mapa de subsidencia en la zona metropolitana de Guadalajara en 2018.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Sin embargo, la ciudad de Guadalajara ha registrado problemáticas asociadas a colapsos por galerías subterráneas que a mitad del siglo XX sirvieron para abastecer de agua potable a la ciudad y a túneles que conectaban las iglesias de la época colonial. Estas infraestructuras fueron descubiertas durante los trabajos de construcción de la línea 3 del Tren ligero, la Ilustración 60 muestra el acceso a la ciudad de Guadalajara y la interacción entre el Tramo Irapuato - Guadalajara, línea 3 del Tren Ligero, los túneles y las galerías subterráneas.

Los trazos de color azul corresponden a galerías subterráneas existentes que representan zonas de debilidad en el subsuelo, por la presencia de vacíos o secciones con distinta rigidez a la del terreno natural. Adicionalmente, pueden presentar deterioro estructural asociado a su antigüedad, lo que incrementa el riesgo de asentamientos diferenciales y posibles colapsos, es recomendable realizar una caracterización detallada del subsuelo en las secciones del Tramo Irapuato - Guadalajara que serán interceptadas por la red de galerías con el fin de minimizar el número de cruces directos entre la vía férrea y la infraestructura mencionada o considerarlas durante la etapa de diseño y construcción.

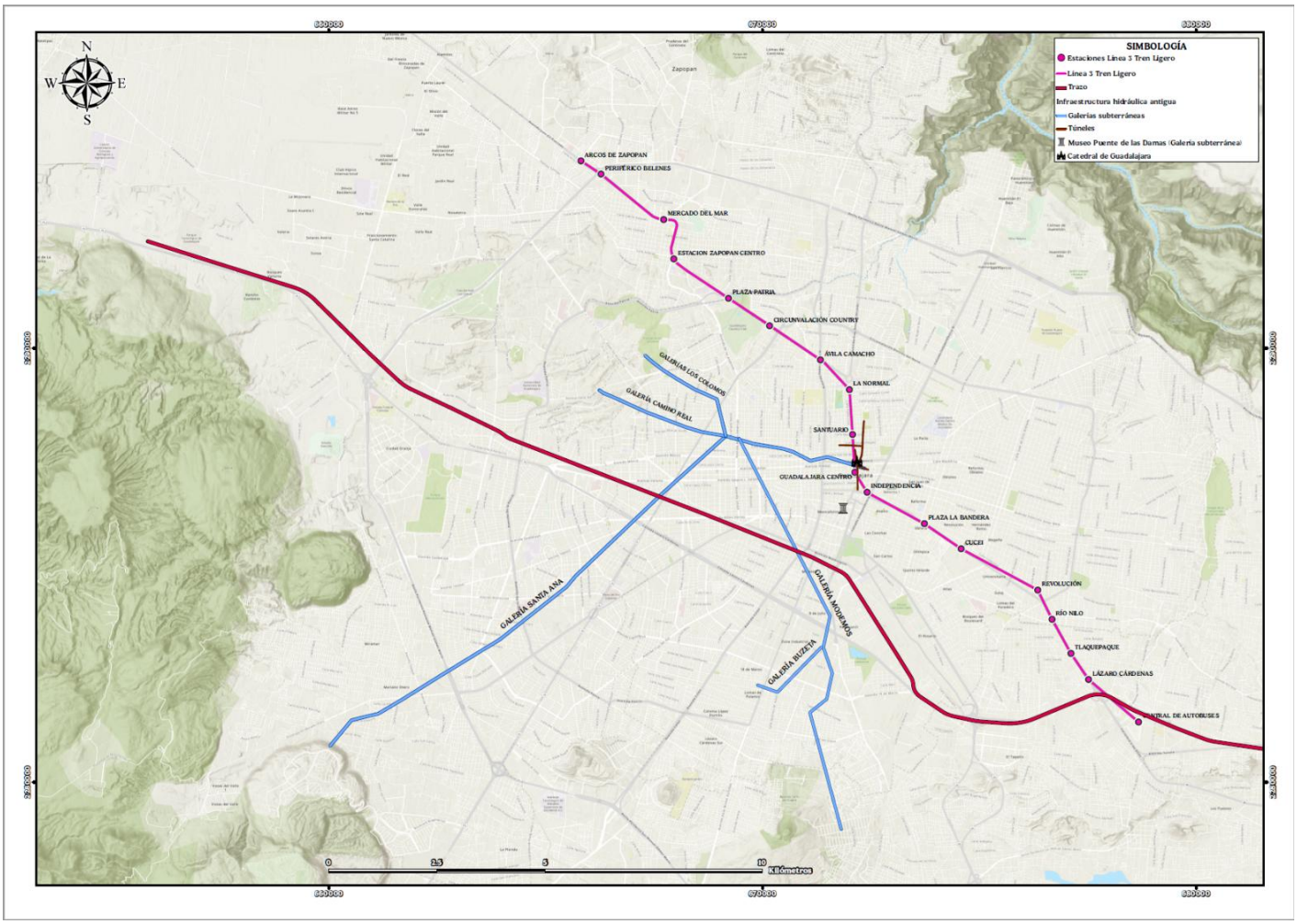


Ilustración 60. DEFENSA 2026, Infraestructura subterránea existente en Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

D. REGIONALIZACIÓN SÍSMICA.

Los sismos son movimientos bruscos de la Tierra causados por la liberación de energía acumulada en la corteza terrestre. Esta energía se libera principalmente por el movimiento de las placas tectónicas, generando ondas sísmicas que se propagan por el interior y la superficie del planeta (CFE, 2015).

La Comisión Federal de Electricidad, en su manual de obras civiles (CFE, 2015) propone una regionalización sísmica del territorio mexicano delimitándola en cuatro zonas: A (Muy bajo), B (Bajo), C (Alto) y D (Muy alto) en función de la cantidad de sismos que se presentan en cada región. En México, esta regionalización se utiliza para identificar áreas con diferente riesgo de terremotos y así poder establecer medidas de prevención y mitigación adecuadas.

Con base en la regionalización sísmica de la (CFE, 2015), que se muestra en la Ilustración 61 la zona de Irapuato a la entrada de Guadalajara se ubica en la región sísmica B (Bajo). Sin embargo, la zona que va sobre el interior de la ciudad de Guadalajara comprende a la región sísmica C (Alto). Los resultados son consistentes con la información obtenida del análisis sísmico que se realizó para el área de trazo (ver Ilustración 62) y con la identificación de estructuras geológicas (fallas, fracturas, etc.) del análisis de lineamientos geológicos (ver Ilustración 25) que establece la presencia de sistemas de fallas activas cerca de algunos segmentos de eje ferroviario, como en Guadalajara, que en sus inmediaciones se ubica el rift Tepic-Zacoalco.

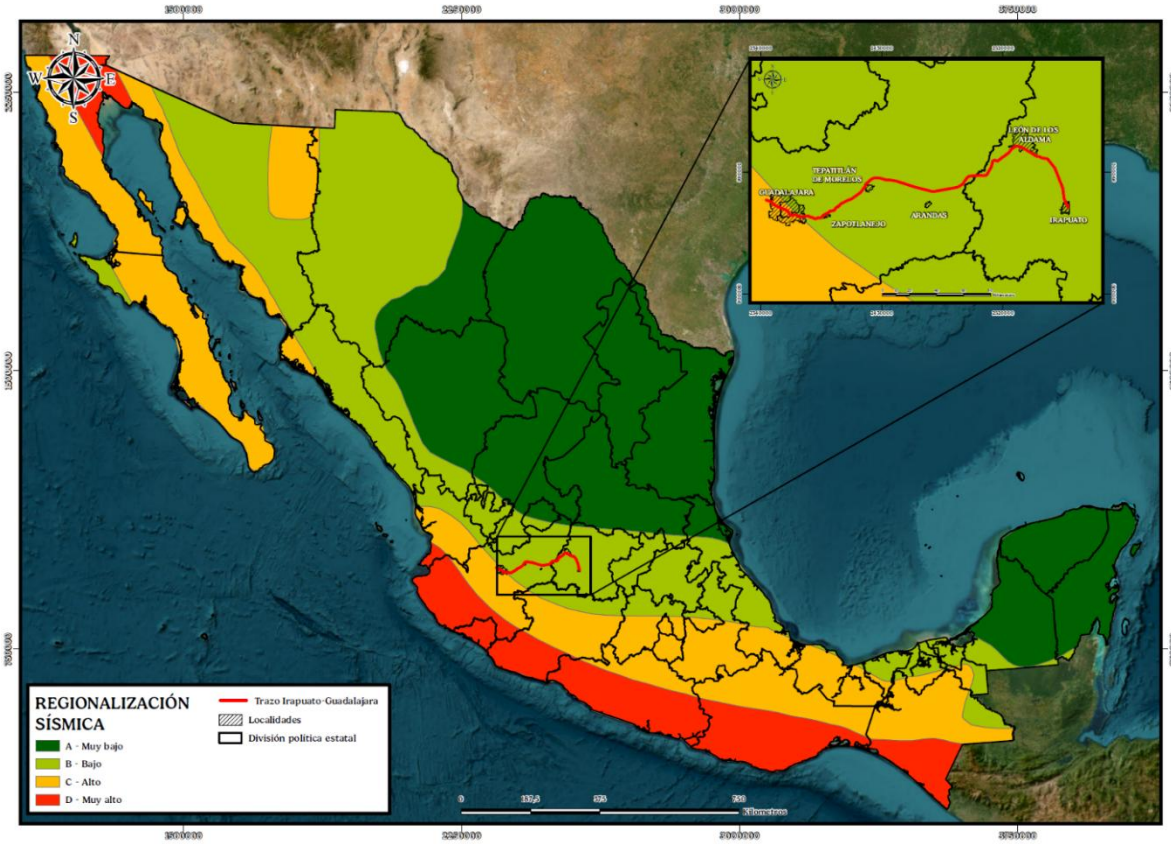


Ilustración 61. Defensa 2026, Mapa de Regionalización sísmica del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

a. Metodología.

Con la finalidad de identificar zonas de peligro por actividad sísmica, se empleó una metodología cuantitativa considerando los registros de epicentros disponibles en el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en un periodo de 100 años de 1925 a 2025, incluyendo información importante como ubicación de registro, fecha y magnitud.

A partir de esta información se generaron archivos ráster empleando análisis estadísticos de los datos sísmicos mediante herramientas SIG; específicamente el método de densidad de Kernel, se obtuvo una zonificación de las áreas con mayor concentración de eventos sísmicos en el periodo de 1925 a 2025. Posteriormente se reclasificó en 3 categorías, las cuales se describen a continuación: Muy alto, Medio y Muy bajo.

b. Resultados.

El resultado de esta metodología es un mapa que considera los epicentros registrados en los últimos 100 años y sus magnitudes (que van de 1.4° a 7.8°, mínimas y máximas magnitudes registradas para la región), con la finalidad de definir zonas del trazo con mayor ocurrencia sísmica.

En la Ilustración 62 se visualiza la ocurrencia sísmica para el área del trazo, que en su mayoría es muy baja, excepto en áreas pobladas, como en Guadalajara y Zapopan, donde el riesgo por sismicidad aumenta debido a una combinación de factores tectónicos, geológicos y sociales, como la extracción desmedida de agua potable que reactivan fallas tectónicas; la cercanía con regiones sísmicamente activas y la presencia de fallas locales. Se observan registros de sismos cercanos al trazo con magnitudes que van de 1.4 a 5.1 y siguiendo la escala de Richter, las magnitudes menores a 3.5 generalmente no se sienten y de 3.5 a 5.4 a menudo se sienten y causan daños menores, para una visualización con más detalle revisar el plano IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0346.

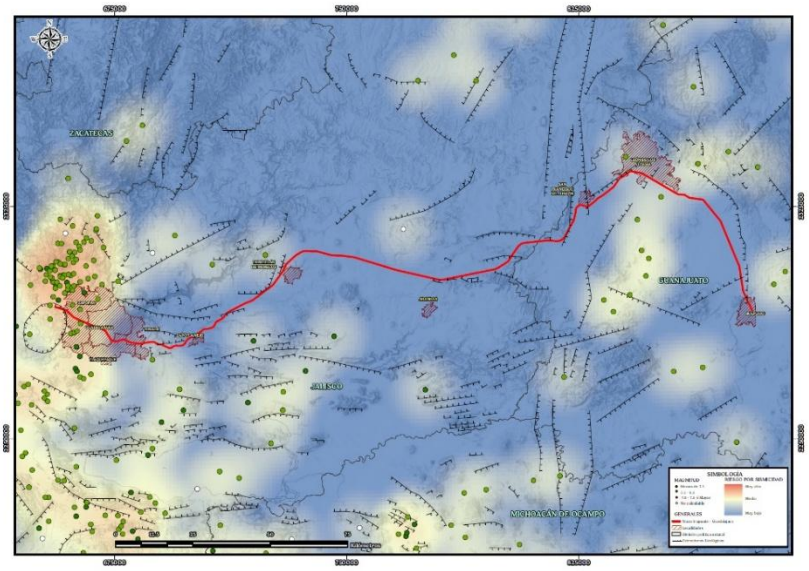


Ilustración 62. Defensa 2026, Mapa de ocurrencia sísmica del tramo Irapuato – Irapuato.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

c. Velocidad de onda de corte Vs30.

El Vs30 es la velocidad de onda de corte promedio en los primeros 30 metros del subsuelo, es un parámetro geotécnico y sismológico ampliamente utilizado para clasificar el tipo de suelo en función de su rigidez. Es una herramienta esencial para entender cómo responde un sitio específico ante un evento sísmico, ayudando a diseñar infraestructuras más seguras y resilientes.

Se utilizan los datos de velocidades Vs30 del suelo y se considera la relación entre la pendiente topográfica y las condiciones geológicas del sitio como zonas de depósito, zonas de transición y zonas firmes (Ilustración 63).

El Vs30 es fundamental en la ingeniería sísmica y la evaluación del peligro sísmico, ya que permite:

1. Clasificar el sitio: Determinar el tipo de suelo para calcular los efectos locales del terreno sobre la propagación de ondas sísmicas.
2. Diseño estructural: Ajustar los espectros de diseño sísmico en función del tipo de suelo, lo cual influye directamente en la seguridad y el comportamiento esperado de las estructuras durante un sismo.
3. Modelado de amenaza sísmica: Es un parámetro clave en mapas de zonificación sísmica y en simulaciones de respuesta sísmica del terreno.
4. Estudios geotécnicos y urbanos: Facilita la toma de decisiones en proyectos de construcción, urbanismo y mitigación de riesgos.

En la TABLA 28 se muestran los valores típicos del parámetro Vs30, para la clasificación de suelos, de acuerdo con la National Earthquake Hazard Reduction Program.

TABLA 28. CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE ACUERDO A LA NEHRP*.

TIPO DE SUELO	Vs30 (m/s)	CLASIFICACIÓN ROCA/SUELO
A	>1500	Roca dura
B	760-1500	Roca
C	360-760	Suelo muy denso o Roca suave
D	180-360	Suelo duro
E	<180	Suelo suave
F	Suelos especiales (licuables, colapsables, arcillas muy plásticas, suelos orgánicos)	
*NEHRP: National Earthquake Hazard Reduction Program		

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Con base en el análisis de las ondas Vs30, se estableció que, para el proyecto ferroviario Irapuato – Guadalajara, predominan suelos tipo C (Roca blanda y suelo muy denso) y D (Suelo rígido). La roca blanda y los suelos muy densos se caracterizan por ser menos estables, pueden ser granulares o cohesivos por lo que requieren mayor análisis en las campañas de exploración geofísicas y geotécnicas, mientras que, los suelos rígidos corresponden a roca sólida, que concuerda con materiales estables, aptos para la construcción.

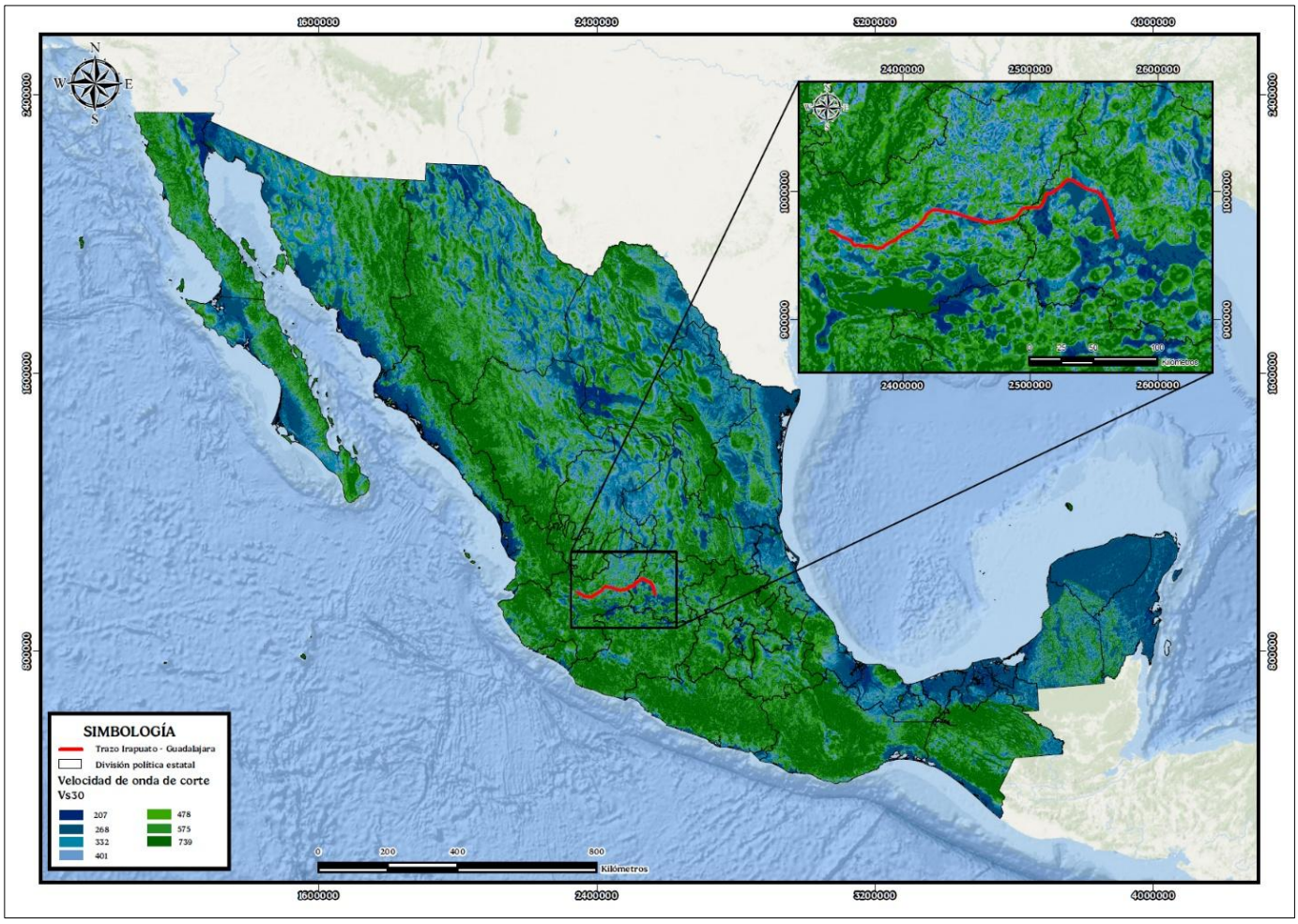


Ilustración 63. Defensa 2026, Mapa de la velocidad de onda de corte Vs30 del tramo Irapuato-Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

E. CORTES GEOLÓGICOS.

Los cortes geológicos son exposiciones visibles de las capas del subsuelo terrestre que permiten estudiar la secuencia y disposición de las rocas, su composición, estructuras internas y procesos geodinámicos asociados. Estos cortes pueden ser naturales, como los generados por la erosión de ríos o fallas geológicas, o artificiales; como los realizados en excavaciones para carreteras, túneles o edificaciones (González & Gutiérrez, 2015).

Desde un punto de vista técnico, los cortes geológicos permiten a los geólogos interpretar la historia geológica de una región, identificar fallas, pliegues, contactos entre diferentes tipos de rocas y determinar posibles zonas de debilidad estructural del terreno. Esta información es esencial para proyectos de infraestructura, ya que un análisis geológico deficiente puede aumentar el riesgo de deslizamientos, hundimientos o colapsos estructurales.

En este contexto, los cortes pueden representar riesgo, debido a la posibilidad de desprendimiento de rocas, deslizamientos de laderas o colapsos, especialmente en zonas inestables o mal consolidadas. Esto puede estar asociado tanto a la naturaleza del terreno como a la intervención antropogénica, por ejemplo, cortes mal diseñados en laderas o taludes sin medidas de estabilización (Hernández-Avelino, et al., 2023).

Uno de los mayores riesgos es que, al modificar el equilibrio natural de una pendiente mediante un corte, se puede desencadenar una inestabilidad del terreno, incrementada por factores como la lluvia, la sismicidad o la deforestación. Por ejemplo, un corte en roca fracturada o en suelo poco cohesionado puede facilitar el escurrimiento del agua y provocar fallas por saturación del terreno (Goicochea-Villanueva & Vasquez-Villena, 2020).

Para la evaluación geológica de los cortes proyectados a lo largo del Tramo Irapuato-Guadalajara, es necesario realizar inicialmente una revisión detallada del eje ferroviario con el fin de identificar los segmentos donde se requieran excavaciones en desmonte y la conformación de taludes. Una vez delimitadas estas zonas, los cortes deberán clasificarse de acuerdo con su nivel potencial de riesgo, considerando como criterio preliminar la altura proyectada del talud. En este sentido, los cortes con alturas menores a 15 m podrán catalogarse como de bajo riesgo, mientras que aquellos que superen dicha altura serán considerados de riesgo alto, debido a la mayor probabilidad de presentar procesos de inestabilidad asociados a desprendimientos, deslizamientos, caída de bloques o deformaciones progresivas del macizo rocoso y/o suelo.

Bajo esta normativa, a lo largo de los 284.73 Km correspondientes al Proyecto Ferroviario del Tramo Irapuato-Guadalajara, se tienen identificados 10 cortes geológicos que superan los 15 m. de altura considerados como de alto riesgo, para los cuales se deben contemplar métodos de estabilización (ver TABLA 29)

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 29. CORTES DE ALTO RIESGO (≥15m).		
PK INICIO	**PK FIN**	**ALTURA Y/O ESPESOR MÁX. (M)**
097+440	101+020	56.88
115+860	117+420	62.56
118+600	119+400	28.01
122+800	124+680	17.22
154+120	154+820	20.88
203+480	204+480	18.25
208+120	209+320	15.57
219+320	221+120	33.35
226+020	227+600	27.98
232+080	232+580	17.57

Adicionalmente, la evaluación de los cortes deberá contemplar la caracterización geomecánica de los materiales expuestos, considerando aspectos como grado de fracturamiento, orientación de discontinuidades, condición de meteorización, presencia de materiales sueltos, susceptibilidad a la erosión y comportamiento hidráulico del macizo. Estos factores permitirán determinar los mecanismos potenciales de falla y definir las medidas de estabilización requeridas para garantizar la seguridad operativa de la infraestructura ferroviaria.

En aquellos sectores donde se identifiquen materiales predominantemente terrosos o altamente meteorizados, susceptibles a procesos de erosión superficial, será necesario implementar sistemas de protección que reduzcan la pérdida progresiva de material y favorezcan la estabilidad de los taludes. Entre las alternativas de mitigación podrán considerarse tratamientos mediante hidrosiembra, geomantos o geosintéticos de control de erosión, seleccionados en función de la altura, inclinación y condiciones superficiales del corte. Para taludes con inclinaciones moderadas y alturas reducidas, la reforestación inducida mediante hidrosiembra constituye una alternativa viable para disminuir la erosión laminar y promover la estabilización superficial del terreno.

Por otra parte, en cortes desarrollados en roca fracturada o en materiales heterogéneos con presencia de bloques embebidos en matriz fina, será indispensable evaluar el potencial de desprendimiento de fragmentos y caídas de roca. En estos casos podrán requerirse sistemas de contención mediante mallas metálicas de triple torsión, geosintéticos reforzados con malla de acero o elementos de confinamiento superficial que permitan controlar los procesos de degradación progresiva y evitar la invasión de la zona de vía por material desprendido.

De igual forma, en sectores donde se detecten cavidades erosivas, deslizamientos superficiales localizados, pérdida significativa de material o evidencias de inestabilidad incipiente, será necesario realizar trabajos de limpieza, saneamiento y afine de taludes, complementados con la aplicación de

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

concreto lanzado reforzado, particularmente en zonas donde la erosión haya generado socavaciones o superficies con riesgo de desprendimiento. Estas medidas permitirán restituir las condiciones geométricas del talud y proteger el macizo frente a procesos de deterioro asociados al intemperismo.

Un aspecto fundamental para la estabilidad a largo plazo de los cortes corresponde al manejo adecuado de los escurrimientos superficiales. La infiltración descontrolada de agua constituye uno de los principales factores detonantes de procesos de erosión y movimientos de ladera, por lo que todos los cortes deberán incorporar obras de drenaje superficial integradas por cunetas, contracunetas y lavaderos estratégicamente ubicados. Estas estructuras permitirán interceptar, conducir y desalojar los escurrimientos pluviales, reduciendo la saturación de los materiales y aumentando la vida útil de los sistemas de estabilización implementados.

La evaluación de cada corte deberá realizarse de manera particular, considerando la interacción entre las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y geotécnicas presentes en el sitio. La selección de las medidas de mitigación y protección deberá fundamentarse en criterios de estabilidad física, susceptibilidad a la erosión, condiciones operativas del proyecto ferroviario y requerimientos de mantenimiento a largo plazo, con el objetivo de garantizar condiciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y resiliencia de la infraestructura durante toda su vida útil.

En resumen, los cortes geológicos son herramientas clave para el análisis del subsuelo, pero también representan un factor de riesgo si no se gestionan adecuadamente. La comprensión de sus características y la aplicación de medidas de prevención y mitigación son fundamentales para garantizar la seguridad en zonas intervenidas.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

F. DESLIZAMIENTO DE LADERAS.

El deslizamiento de laderas es un fenómeno geológico que ocurre cuando un volumen significativo de suelo, roca o material superficial se mueve ladera abajo debido a la acción de la gravedad. Este tipo de desastres geológicos puede ser desencadenado por factores naturales como lluvias intensas, terremotos o erosión, así como por actividades humanas como la deforestación, los cortes en taludes, la construcción en áreas inestables o el mal manejo del agua.

a. Metodología.

Con el objetivo de identificar posibles zonas de riesgo por deslizamiento de laderas en el Tramo Irapuato - Guadalajara, se descargaron archivos ráster desde el portal "Continuo de Elevaciones Mexicano y Modelos Digitales de elevación" de INEGI, para identificar las zonas con mayor y menor elevación. Posteriormente se utilizó la función de Slope en el software especializado ArcGIS con el propósito de calcular la pendiente del terreno a partir de un MDE.

Las zonas con baja pendiente, presentan poca probabilidad de deslizamiento debido a que la fuerza gravitacional que actúa en dirección paralela a la superficie del terreno es mínima. Por el contrario, las zonas con mayor pendiente del terreno, genera condiciones inestables.

Finalmente, el riesgo se clasificó de acuerdo a los rangos propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, obteniendo los siguientes rangos para el mapa de deslizamiento de laderas (ver TABLA 30).

TABLA 30. NIVELES DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO DE LADERAS.

NIVEL	GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN
Muy bajo	0-3	Plano
Bajo	3-7	Ligeramente inclinado
Medio	7-12	Moderadamente inclinado
Alto	12-25	Fuertemente inclinado
Muy alto	25-75	Fuertemente escarpado

b. Resultados.

El Tramo Irapuato - Guadalajara, que atraviesa localidades como Silao de la Victoria, León de los Aldama, Tepatitlán de Morelos, Guadalajara, Zapopan, entre otros, recorre en su mayoría zonas de topografía plana o suavemente ondulada, características del Bajío y los Altos de Jalisco.

El Tramo Irapuato-Guadalajara, presenta un nivel de riesgo de muy bajo a bajo, que se asocia al dominio de colinas y valles suaves, con pendientes de menos del 30%, lo cual no es suficientemente abrupto como para generar deslizamientos de gran escala (CENEPRED, 2025).

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

A lo largo del eje ferroviario, la mayoría de las laderas tienen niveles de riesgo que van de muy bajo a bajo, sin embargo, este riesgo se activa principalmente durante lluvias fuertes, en eventos sísmicos y/o en zonas de construcciones sobre terrenos inestables, cauces y rellenos.

En general, esta ruta se caracteriza por un relieve predominantemente plano o suavemente ondulado, especialmente en la región del Bajío lo que reduce significativamente el riesgo de deslizamiento de laderas (ver Ilustración 64).

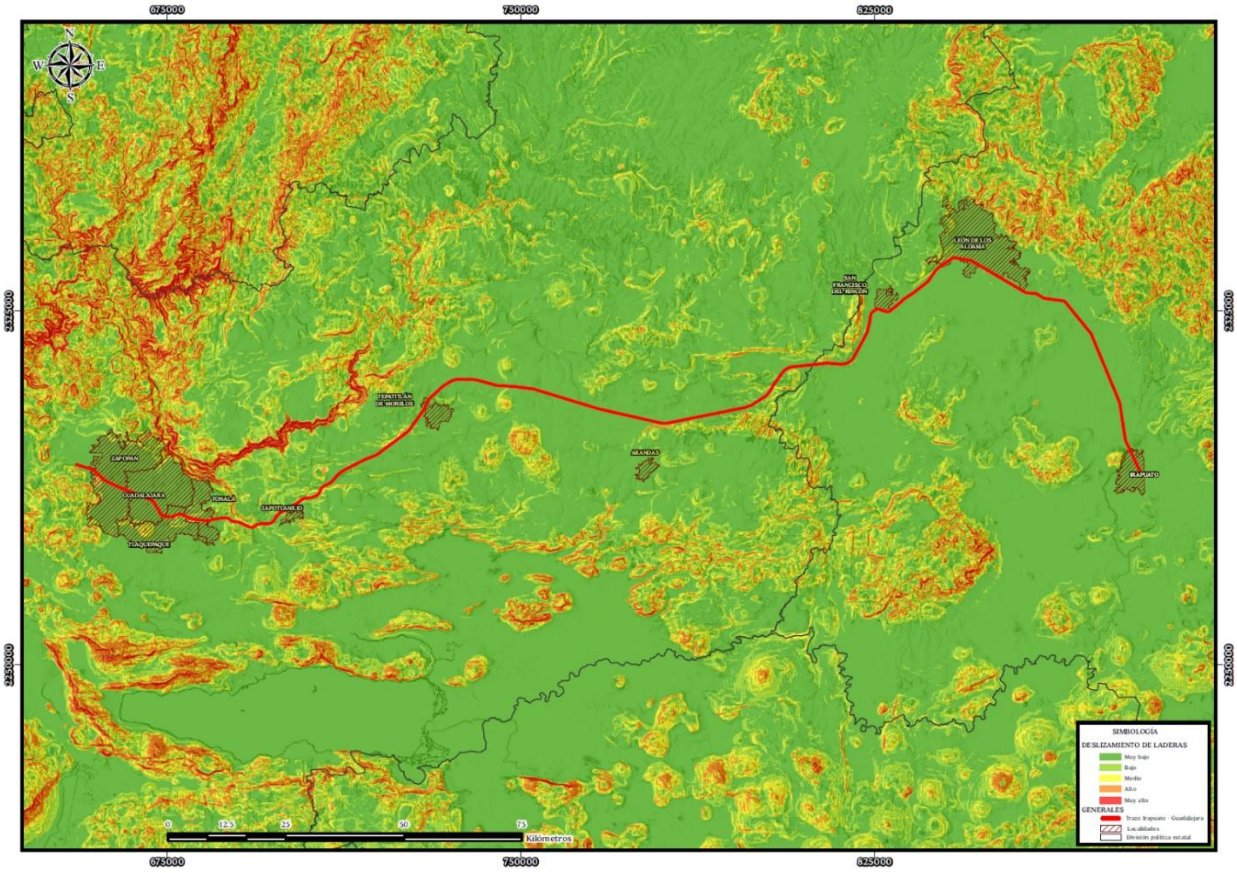


Ilustración 64. Defensa 2026, Mapa de deslizamiento de laderas del tramo Irapuato – Irapuato.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

G. PELIGRO POR VULCANISMO.

El vulcanismo es un proceso geológico que involucra la emisión de lava, gases y cenizas desde el interior de la Tierra hacia la superficie a través de estructuras volcánicas. Este fenómeno está asociado a la dinámica de las placas tectónicas y a la actividad del manto terrestre. En México, el vulcanismo ha jugado un papel crucial en la configuración del paisaje geológico, especialmente en el Eje Neovolcánico Transversal (ENT), una de las principales provincias fisiográficas del país (Ferrari, et al., 2012).

Es importante mencionar los posibles peligros geológicos asociados a las erupciones volcánicas. Las cenizas volcánicas, destacan por su alto grado de dispersión, compuestas por partículas finas de roca, vidrio volcánico y minerales que se generan por la fragmentación del magma durante una erupción explosiva. Otro peligro volcánico son los lahares que representan flujos de lodo volcánico que se generan cuando el material suelto depositado en las laderas de un volcán es movilizado por el agua, ya sean lluvias intensas, deshielos o el colapso de un lago de cráter (Pierson & Major, 2014).

a. Metodología.

Se recopiló información de los volcanes activos aledaños al Derecho de Vía para descartar su alcance sobre el Tramo Irapuato - Guadalajara, obtenidos en el portal de CENAPRED, dando como resultado los volcanes Ceboruco y Volcán de Colima. De igual forma se descargó información sobre características propias de los volcanes, erupciones registradas en los últimos años y su ubicación geográfica. Esta información sirvió para generar el mapa de peligro por vulcanismo, incluyendo información del sistema nacional de información sobre riesgos por el CENAPRED, se descargó el Mapa de peligros (Geofísica-UNAM, 2008), para el volcán Ceboruco en donde se muestra la simulación de cenizas a 40 km. Para el volcán de Colima se descargó el mapa de peligros (CENAPRED, 2003), obteniendo información sobre lahares y zonas de inundación, caída de pómez, áreas alcanzadas por flujos piroclásticos, avalancha de escombros volcánicos. Finalmente, se descargó información del campo volcánico Michoacán-Guanajuato por el CENAPRED.

b. Resultados.

El tramo ferroviario que conecta Irapuato con Guadalajara se encuentra en una región con ausencia de riesgo por vulcanismo activo. Aunque en el occidente de México existen volcanes activos como el Volcán de Fuego de Colima y el Volcán Ceboruco en Nayarit, ambos están ubicados a una distancia considerable del trazado ferroviario, lo que limita su influencia directa.

El Volcán Ceboruco, ubicado en el estado de Nayarit, al oeste del país, no representa un riesgo geológico para la zona de estudio debido a su lejanía geográfica y su actividad volcánica moderada. Este volcán se localiza a más de 200 kilómetros al noroeste del Tramo Irapuato - Guadalajara, fuera del área de influencia directa de sus productos eruptivos, además, la dirección predominante de los flujos piroclásticos e incluso de dispersión de ceniza en este volcán se orienta hacia el océano Pacífico y zonas aledañas del occidente, no hacia el altiplano del Bajío o la región de Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El Volcán de Colima, es uno de los más activos de México; sin embargo, no representa un riesgo directo para el tramo ferroviario que va de Irapuato a Guadalajara, debido a tres factores clave: distancia geográfica, dirección de los peligros volcánicos y la configuración del relieve regional.

Por estas razones, el Tramo Irapuato - Guadalajara se considera una zona con riesgo nulo o muy bajo de actividad volcánica, garantizando condiciones estables para la infraestructura (ver Ilustración 65).

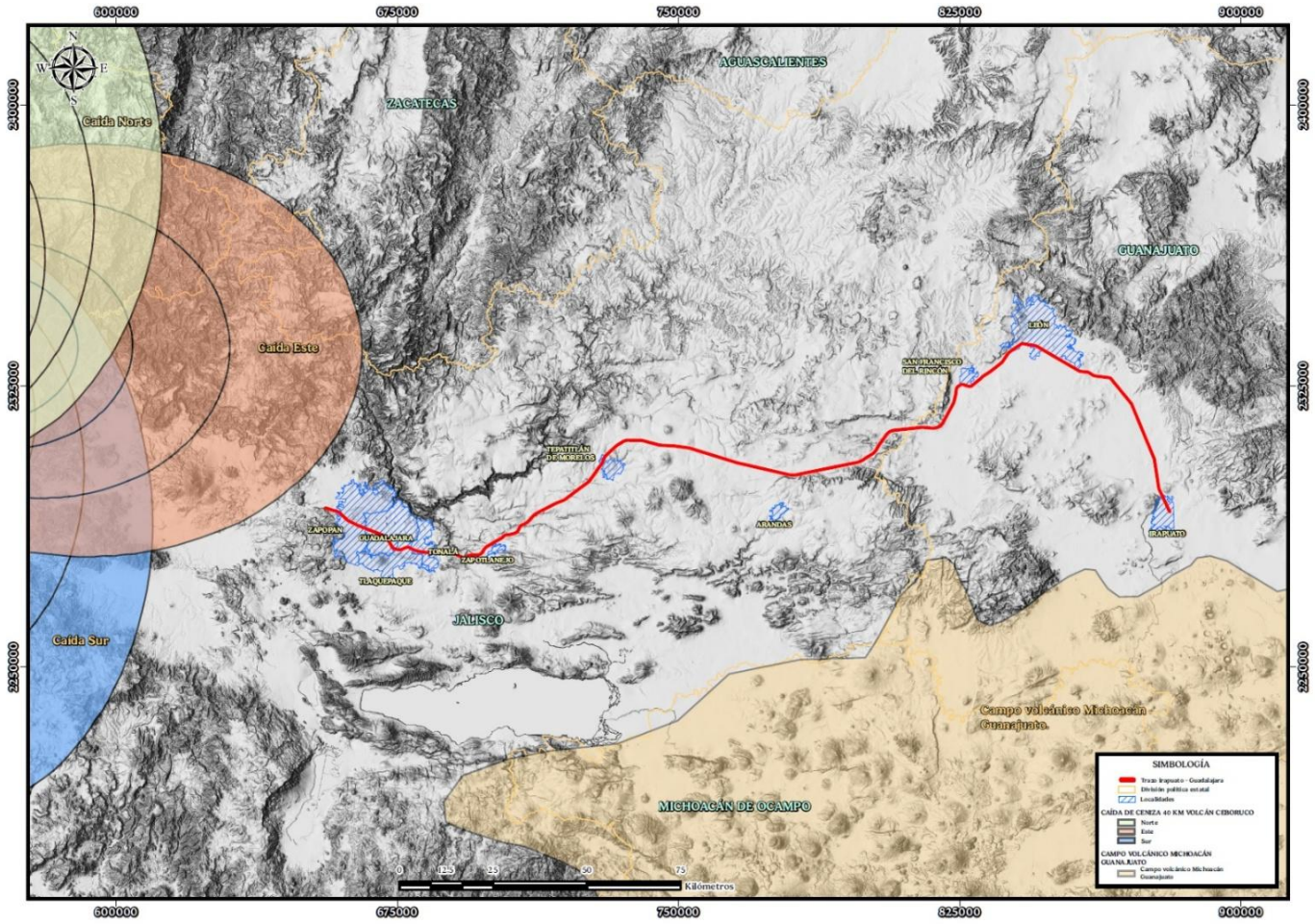


Ilustración 65. Defensa 2026, Mapa de Peligro por vulcanismo del tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

H. RIESGO QUÍMICO

La caracterización de los riesgos químicos constituye un componente fundamental dentro de la evaluación geológica de proyectos de infraestructura lineal, debido a que las condiciones geoquímicas del terreno pueden influir significativamente en la durabilidad, funcionalidad y seguridad de las obras proyectadas. En el caso del tramo Irapuato–Guadalajara, la identificación y evaluación de estos riesgos permite reconocer aquellos materiales geológicos y condiciones ambientales con potencial para generar procesos de alteración química, corrosión o degradación de los elementos constructivos, así como posibles afectaciones al entorno derivadas de la interacción entre los materiales naturales y las actividades de construcción y operación.

Como parte de la identificación de riesgos aledaños al DDV y del diseño de la campaña de exploración, se estableció un punto de referencia en las presas de jales de la planta “Química Central de México S.A de C.V.”, ubicada en el Km. 13.5 de la carretera León – San Francisco del Rincón, Gto. Que estuvo en operación de 1972 a 2014, periodo en el cual se generaron 300, 000 toneladas de residuos peligrosos de cromo hexavalente en dos presas de jales. En el año 2013 la PROFEPA clausuro las operaciones de la planta en San Francisco del Rincón derivado de una visita de inspección que se practicó, donde se detectaron diversas y graves irregularidades en el manejo y almacenamiento de residuos peligrosos. Además, que no contaba con acreditación por parte de SEMARNAT como generadora de residuos peligrosos (ver Ilustración 66).

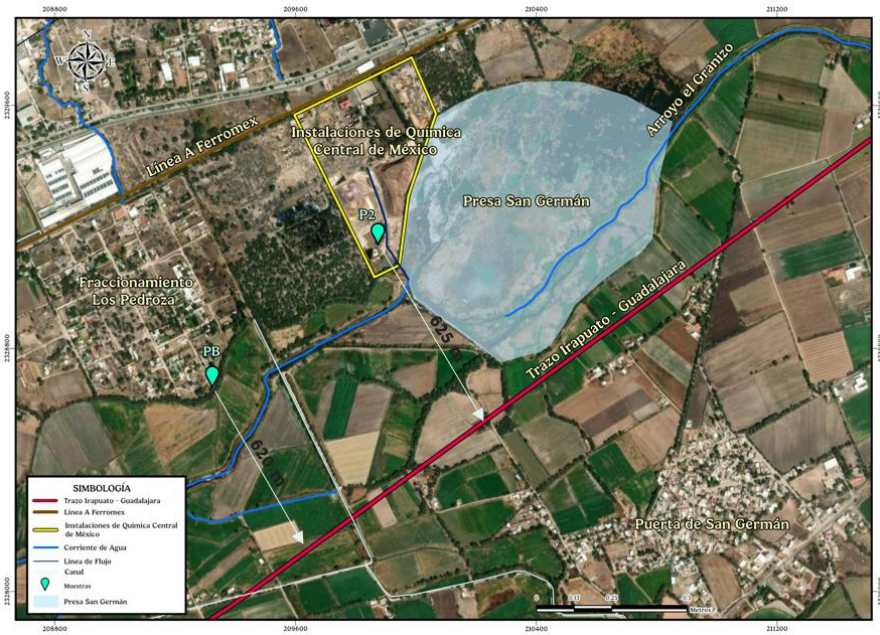


Ilustración 66. Defensa 2026, Plano de la planta “Química Central México S.A. de C.V.” donde se aprecia su interacción con cuerpos de agua y la cercanía al tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

El cierre de operaciones por parte de “Química Central de México S.A de C.V.” no incluyo un plan de restauración y monitoreo del terreno, que minimizara impactos ambientales y sociales hasta garantizar condiciones seguras y estables. Normalmente, un plan de cierre contempla desmantelamiento de infraestructura, la rehabilitación del suelo, la gestión de relaves, la reforestación y monitoreo por hasta 25 años posteriores al cierre (Ilustración 67).

Durante el levantamiento de campo se identificaron riesgos químicos y biológicos, parte de la infraestructura de la planta permanece en sitio, las cisterna y tanques de almacenamiento permanecen en superficie y en el subsuelo (se identificaron derrames), los tanques de flotación siguen en sitio, pero tuvieron falla en la membrana impermeabilizante, hay 2 presas de jales que se están lixiviando, por lo que hay acumulación de minerales (verdes, azules, amarillos y blancos) en el suelo del lugar, que se extienden hasta las albercas de flotación. También existen registros que conectan la planta con la red de drenaje local (algunos almacenan agua).



Ilustración 67. Defensa 2026, Situación actual de la planta "Química Central", en el reconocimiento de campo se identificó contaminación por un cierre inadecuado, no se realizó un plan de restauración después de su clausura.

(Villalobos-Aragón, et al., 2012) publicó un estudio sobre el acuífero que se localiza debajo de la fábrica de cromatos, sus inmediaciones y zonas distales, donde se mantenían concentraciones muy altas de Cr (VI) (121 mg/L) y los análisis de isotopos de cromo determinaron lixiviación de Cr (VI) fresco al agua subterránea desde los depósitos de residuos del procesamiento de mineral de cromo. A partir de los resultados isotópicos, se determinó que para la Planta “Química Central S.A. de C.V.”, la atenuación natural de cromo no es una tecnología de remediación factible; será necesario un bombeo y tratamiento más agresivo, junto con la inmovilización química in situ y la eliminación de la fuente, para disminuir o eliminar la contaminación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

I. ZONIFICACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS.

Para el análisis de los riesgos a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara y estar en posibilidad de diseñar una campaña de exploración geológica objetiva que permita descartar posibles zonas de afectación, se elaboró un larguillo, donde, por kilómetro, se indicó el nivel de cada uno de los riesgos geológicos.

a. Larguillo de riesgos geológicos

El criterio utilizado para la elaboración del larguillo se basó en la predisposición de ocurrencia e intensidad a riegos, como: lineamientos geológicos, riesgo por inundación, riesgo por sismicidad, riesgo por suelos colapsables y expansivos, riesgo por deslizamiento de laderas y vulcanismo. Se asignaron valores de 0 al riesgo nulo, de 1 al riesgo bajo, valor de 2 al riesgo medio y 3 al riesgo alto, esto dependiendo del impacto que puede presentar dicho riesgo. En la Ilustración 68 se presenta el larguillo de riesgos perteneciente a la propuesta del Tramo Irapuato - Guadalajara

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

CADENAMIENTO	PK	000+000	001+000	002+000	003+000	004+000	005+000	006+000	007+000	008+000	009+000	010+000	011+000	012+000	013+000	014+000	015+000	016+000	017+000	018+000	019+000	020+000	021+000	022+000	023+000	024+000	025+000	026+000	027+000	028+000	029+000	030+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	031+000	032+000	033+000	034+000	035+000	036+000	037+000	038+000	039+000	040+000	041+000	042+000	043+000	044+000	045+000	046+000	047+000	048+000	049+000	050+000	051+000	052+000	053+000	054+000	055+000	056+000	057+000	058+000	059+000	060+000	061+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
	INUNDACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	062+000	063+000	064+000	065+000	066+000	067+000	068+000	069+000	070+000	071+000	072+000	073+000	074+000	075+000	076+000	077+000	078+000	079+000	080+000	081+000	082+000	083+000	084+000	085+000	086+000	087+000	088+000	089+000	090+000	091+000	092+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	093+000	094+000	095+000	096+000	097+000	098+000	099+000	100+000	101+000	102+000	103+000	104+000	105+000	106+000	107+000	108+000	109+000	110+000	111+000	112+000	113+000	114+000	115+000	116+000	117+000	118+000	119+000	120+000	121+000	122+000	123+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	2	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	124+000	125+000	126+000	127+000	128+000	129+000	130+000	131+000	132+000	133+000	134+000	135+000	136+000	137+000	138+000	139+000	140+000	141+000	142+000	143+000	144+000	145+000	146+000	147+000	148+000	149+000	150+000	151+000	152+000	153+000	154+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	155+000	156+000	157+000	158+000	159+000	160+000	161+000	162+000	163+000	164+000	165+000	166+000	167+000	168+000	169+000	170+000	171+000	172+000	173+000	174+000	175+000	176+000	177+000	178+000	179+000	180+000	181+000	182+000	183+000	184+000	185+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	186+000	187+000	188+000	189+000	190+000	191+000	192+000	193+000	194+000	195+000	196+000	197+000	198+000	199+000	200+000	201+000	202+000	203+000	204+000	205+000	206+000	207+000	208+000	209+000	210+000	211+000	212+000	213+000	214+000	215+000	216+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	217+000	218+000	219+000	220+000	221+000	222+000	223+000	224+000	225+000	226+000	227+000	228+000	229+000	230+000	231+000	232+000	233+000	234+000	235+000	236+000	237+000	238+000	239+000	240+000	241+000	242+000	243+000	244+000	245+000	246+000	247+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	INUNDACIÓN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	1	0	0	2	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	248+000	249+000	250+000	251+000	252+000	253+000	254+000	255+000	256+000	257+000	258+000	259+000	260+000	261+000	262+000	263+000	264+000	265+000	266+000	267+000	268+000	269+000	270+000	271+000	272+000	273+000	274+000	275+000	276+000	277+000	278+000
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CADENAMIENTO	PK	279+000	280+000	281+000	282+000	283+000	284+000	284+632
TIPO DE RIESGO	LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS	0	0	0	0	0	0	0
	INUNDACIÓN	3	3	3	3	3	3	3
	SUELOS COLAPSABLES Y EXPANSIVOS	2	2	2	2	2	2	2
	SISMICIDAD	1	1	1	1	1	1	1
	DESLIZAMIENTO DE LADERAS	0	0	0	0	0	0	0
	PELIGRO POR VULCANISMO	0	0	0	0	0	0	0

Análisis	
SIMBOLOGÍA	
0	Riesgo nulo
1	Riesgo bajo
2	Riesgo medio
3	Riesgo alto

Ilustración 68. Defensa 2026, Larguillo de exploración del tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

b. Matríz de riesgos geológicos

Con base en los resultados obtenidos del larguillo de riesgos, se realizó una matriz para definir el nivel de riesgo de cada PK del Tramo Irapuato - Guadalajara, a través de un ponderado que define el nivel de riesgo total que afecta a cada kilómetro del eje ferroviario. El ponderado se obtiene mediante la suma de los valores correspondientes a cada tipo de riesgo y, posteriormente, el resultado se clasifica dentro de una categoría de riesgo total. La escala de riesgo asignada a la zonificación del Tramo Irapuato - Guadalajara se establece a continuación: valores de 0 se considera riesgo nulo, de 1-3 se considera riesgo bajo, de 4-6 se considera como riesgo medio y valores de 7-9 corresponden a riesgo alto, ver Ilustración 69.

CADENAMIENTO (PK)	000+000	001+000	002+000	003+000	004+000	005+000	006+000	007+000	008+000	009+000	010+000	011+000	012+000	013+000	014+000	015+000	016+000	017+000
NIVEL DE RIESGO	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CADENAMIENTO (PK)	018+000	019+000	020+000	021+000	022+000	023+000	024+000	025+000	026+000	027+000	028+000	029+000	030+000	031+000	032+000	033+000	034+000	035+000
NIVEL DE RIESGO	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	2	3	3	3
CADENAMIENTO (PK)	036+000	037+000	038+000	039+000	040+000	041+000	042+000	043+000	044+000	045+000	046+000	047+000	048+000	049+000	050+000	051+000	052+000	053+000
NIVEL DE RIESGO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CADENAMIENTO (PK)	054+000	055+000	056+000	057+000	058+000	059+000	060+000	061+000	062+000	063+000	064+000	065+000	066+000	067+000	068+000	069+000	070+000	071+000
NIVEL DE RIESGO	3	3	3	3	6	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5
CADENAMIENTO (PK)	072+000	073+000	074+000	075+000	076+000	077+000	078+000	079+000	080+000	081+000	082+000	083+000	084+000	085+000	086+000	087+000	088+000	089+000
NIVEL DE RIESGO	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CADENAMIENTO (PK)	090+000	091+000	092+000	093+000	094+000	095+000	096+000	097+000	098+000	099+000	100+000	101+000	102+000	103+000	104+000	105+000	106+000	107+000
NIVEL DE RIESGO	4	4	4	4	4	6	7	6	6	4	3	4	4	4	4	4	3	4
CADENAMIENTO (PK)	108+000	109+000	110+000	111+000	112+000	113+000	114+000	115+000	116+000	117+000	118+000	119+000	120+000	121+000	122+000	123+000	124+000	125+000
NIVEL DE RIESGO	4	3	4	4	4	3	3	5	2	4	6	4	4	4	4	2	2	2
CADENAMIENTO (PK)	126+000	127+000	128+000	129+000	130+000	131+000	132+000	133+000	134+000	135+000	136+000	137+000	138+000	139+000	140+000	141+000	142+000	143+000
NIVEL DE RIESGO	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
CADENAMIENTO (PK)	144+000	145+000	146+000	147+000	148+000	149+000	150+000	151+000	152+000	153+000	154+000	155+000	156+000	157+000	158+000	159+000	160+000	161+000
NIVEL DE RIESGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CADENAMIENTO (PK)	162+000	163+000	164+000	165+000	166+000	167+000	168+000	169+000	170+000	171+000	172+000	173+000	174+000	175+000	176+000	177+000	178+000	179+000
NIVEL DE RIESGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CADENAMIENTO (PK)	180+000	181+000	182+000	183+000	184+000	185+000	186+000	187+000	188+000	189+000	190+000	191+000	192+000	193+000	194+000	195+000	196+000	197+000
NIVEL DE RIESGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
CADENAMIENTO (PK)	198+000	199+000	200+000	201+000	202+000	203+000	204+000	205+000	206+000	207+000	208+000	209+000	210+000	211+000	212+000	213+000	214+000	215+000
NIVEL DE RIESGO	1	2	2	3	3	4	2	2	4	4	2	1	2	2	2	2	2	2
CADENAMIENTO (PK)	216+000	217+000	218+000	219+000	220+000	221+000	222+000	223+000	224+000	225+000	226+000	227+000	228+000	229+000	230+000	231+000	232+000	233+000
NIVEL DE RIESGO	3	3	3	3	6	3	3	3	3	4	4	6	6	6	6	5	5	7
CADENAMIENTO (PK)	234+000	235+000	236+000	237+000	238+000	239+000	240+000	241+000	242+000	243+000	244+000	245+000	246+000	247+000	248+000	249+000	250+000	251+000
NIVEL DE RIESGO	5	5	7	8	8	6	6	6	4	5	5	6	9	6	6	6	5	6
CADENAMIENTO (PK)	252+000	253+000	254+000	255+000	256+000	257+000	258+000	259+000	260+000	261+000	262+000	263+000	264+000	265+000	266+000	267+000	268+000	269+000
NIVEL DE RIESGO	3	4	4	4	3	4	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
CADENAMIENTO (PK)	270+000	271+000	272+000	273+000	274+000	275+000	276+000	277+000	278+000	279+000	280+000	281+000	282+000	283+000	284+000	284+632		
NIVEL DE RIESGO	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		

RESULTADOS	
SIMBOLOGÍA	
0	Riesgo nulo
1-3	Riesgo bajo
4-6	Riesgo medio
7-9	Riesgo alto

Ilustración 69. Defensa 2026, Resultados con escala de riesgo de larguillo de exploración del Tramo Irapuato – Arandas – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La zonificación de riesgos permitió dividir el Tramo Irapuato - Guadalajara de acuerdo al nivel de riesgo existente, es la representación gráfica del ponderado que se desarrolló a partir de la matriz de riesgos del larguillo y una interpolación de datos mediante un buffer de 1 km a la redonda del Tramo Irapuato - Guadalajara, el cual permitirá la planificación eficaz de las actividades de exploración geológicas, así como, geofísicas y geotécnicas que son elementales en la toma de decisiones y el diseño de las estructuras de acuerdo a las condiciones del terreno.

Siguiendo este criterio se delimitaron zonas (ver Ilustración 70), donde se observa que el área de Irapuato a Silao tiene un riesgo medio, debido a la interacción de dos riesgos: Inundación y por suelos colapsables y expansivos; de Silao hasta Zapotlanejo el riesgo es bajo o nulo y de Zapotlanejo a Zapopan el riesgo es alto, teniendo la interacción de 3 riesgos: Inundación, suelos colapsables y expansivos y sismicidad.

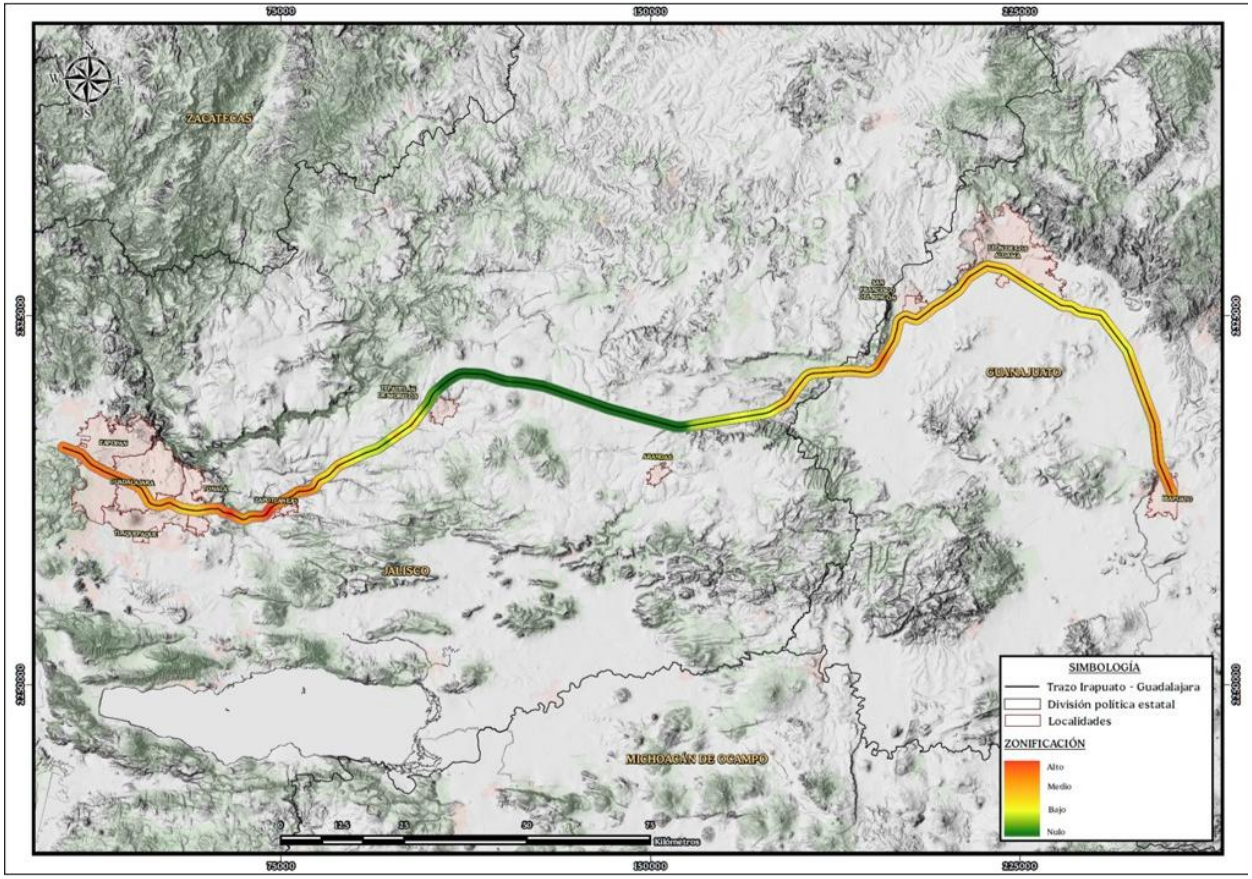


Ilustración 70. Defensa 2026, Plano de zonificación por riesgos del Tramo Irapuato - Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XVI. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS TOMADOS EN CAMPO

Ordenar y estructurar los datos recolectados durante las campañas de exploración permite obtener información útil para clasificar los macizos rocosos de acuerdo a patrones identificados (la calidad de macizo rocoso, la litología y las tendencias estructurales), planear y tomar decisiones estratégicas basadas en evidencias que optimizaran tiempos y recursos en etapas posteriores del proyecto.

En las campañas de exploración geológica se estableció inicialmente una separación aproximada de 5 km entre estaciones de caracterización. Sin embargo, la limitada disponibilidad de afloramientos rocosos, condicionada por la presencia de zonas urbanizadas y áreas destinadas a la agricultura de riego, redujo significativamente la continuidad de las observaciones directas. En consecuencia, se implementaron puntos de verificación intermedios con un espaciamiento promedio de 2.5 km, con el propósito de mejorar el control espacial de la información geológica y geomecánica, identificar variaciones litológicas y estructurales, reconocer la presencia de fallas, zonas de fracturamiento y otros elementos de debilidad, así como delimitar sectores con potencial nivel de riesgo geológico entre estaciones consecutivas.

En la TABLA 31 y TABLA 32 se presentan los datos de campo correspondientes a estaciones geomecánicas y puntos de verificación estructurados de forma tal que se pueden identificar las características dominantes del proyecto.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las 78 estaciones geomecánicas que se levantaron en las inmediaciones del Tramo Irapuato - Guadalajara, contienen datos de las rocas en los sitios de construcción, predominan productos volcánicos (andesita, toba, basaltos, riolitas y dacitas) de calidad variable. Sin embargo, en el sector Irapuato – San Francisco del Rincón afloran suelos aluviales sin consolidar.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 31. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	RMR	GSI	CLASE	ESTADO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE ESFUERZO GEOLÓGICO
TIG-EG-001	Basalto	75	70	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-002	Toba Riolítica	36	31	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-003	Andesita	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-004	Toba Riolítica	37	32	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-005	Conglomerado	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-006	Andesita	49	44	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-007	Toba Riolítica	58	53	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-008	Toba Riolítica	46	41	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-009	Toba Riolítica	60	55	III	Parcialmente estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-010	Toba Riolítica	51	46	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-011	Basalto	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-012	Toba Riolítica	42	37	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-013	Toba Riolítica	45	40	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-014	Toba Riolítica	43	48	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-015	Toba Riolítica	38	33	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-016	Toba Riolítica	51	46	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-017	Toba Riolítica	48	43	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-018	Andesita	65	60	II	Fracturada	Buena	Estable
TIG-EG-019	Toba Riolítica	57	52	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-020	Toba Riolítica	47	42	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-021	Toba Riolítica	49	44	III	Parcialmente estable	Regular	Muy fracturada
TIG-EG-023	Toba Riolítica	31	26	IV	Inestable	Mala	Fracturada perturbada
TIG-EG-024	Dacita	46	41	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-025	Andesita	61	56	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-026	Riolita	53	48	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-027	Andesita	76	71	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-028	Toba Riolítica	55	50	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 31. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	RMR	GSI	CLASE	ESTADO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE ESFUERZO GEOLÓGICO
TIG-EG-029	Toba Riolítica	39	34	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-030	Riolita	51	46	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-031	Riolita	76	71	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-032	Riolita	60	65	III	Parcialmente Estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-033	Toba Riolítica	67	62	III	Parcialmente Estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-034	Toba Riolítica	50	45	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-035	Ignimbrita	70	65	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-036	Toba Riolítica	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-037	Toba Riolítica	54	49	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-038	Toba Riolítica	56	51	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-039	Ignimbrita	76	71	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-040	Toba Riolítica	55	50	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-041	Andesita	42	37	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-042	Basalto	48	43	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-043	Basalto	65	60	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-044	Basalto	92	87	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-045	Andesita	66	61	III	Parcialmente Estable	Regular	Fracturada
TIG-EG-046	Basalto	60	55	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-047	Basalto	89	84	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-048	Basalto	65	60	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-049	Andesita	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-050	Andesita	77	72	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-051	Andesita	85	80	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-052	Andesita	59	54	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-053	Basalto	82	77	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-054	Andesita	61	56	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-055	Toba Riolítica	69	64	II	Estable	Buena	Fracturada

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 31. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	RMR	GSI	CLASE	ESTADO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE DE ESFUERZO GEOLÓGICO
TIG-EG-056	Toba Andesítica	46	41	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-057	Basalto	70	65	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-058	Riolita	67	62	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-059	Andesita	72	67	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-060	Basalto	72	67	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-061	Andesita	83	78	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-062	Basalto	87	82	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-063	Toba Andesítica	83	78	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-064	Basalto	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-065	Basalto	69	64	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-066	Basalto	69	64	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-067	Andesita	62	57	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-068	Basalto	65	60	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-069	Basalto	63	58	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-070	Andesita	59	54	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-071	Andesita	64	59	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-072	Andesita	42	37	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-073	Basalto	71	76	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-074	Basalto	86	81	I	Totalmente Estable	Muy buena	Intacta o Masiva
TIG-EG-075	Andesita	64	59	II	Estable	Buena	Fracturada
TIG-EG-076	Toba Riolítica	48	43	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada
TIG-EG-077	Toba Riolítica	40	35	IV	Inestable	Mala	Fracturada Perturbada
TIG-EG-078	Toba Riolítica	47	42	III	Parcialmente Estable	Regular	Muy Fracturada

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los 120 puntos de verificación, estos fueron adquiridos sobre el eje del Tramo Irapuato - Guadalajara a cada 2.5 Km con el objetivo de contar con información suficiente para la actualización de la cartográfica.

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-001	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-002	Toba Riolítica	Arena	Nula	Nula
TIG-PV-003	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-004	Aluvión	Arcilla - Limo	Media	Media
TIG-PV-005	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-006	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-007	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-008	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-009	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-010	Aluvión	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-011	Aluvión	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-012	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-013	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-014	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-015	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-016	Aluvión	Arena - Arcilla	Media	Media
TIG-PV-017	Aluvión	Arcilla - Arena	Baja	Media
TIG-PV-018	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-019	Aluvión	Arena - Limo	Media	Media
TIG-PV-020	Aluvión	Arena - Limo	Media	Media
TIG-PV-021	Aluvión	Arena - Limo	Baja	Media
TIG-PV-022	Aluvión	Arcilla	Media	Media

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-023	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-024	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-025	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-026	Aluvión	Arena - Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-027	Aluvión	Limo - Arenoso	Baja	Baja
TIG-PV-028	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-029	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-030	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-031	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-032	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-033	Aluvión	Arcilla	Baja	Media
TIG-PV-034	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-035	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-036	Aluvión	Limo - Arenoso	Baja	Media
TIG-PV-037	Toba Riolítica	Arena	Baja	Media
TIG-PV-038	Toba Riolítica	Arena	Baja	Baja
TIG-PV-039	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-040	Aluvión	Limo - Arcillosa	Media	Media
TIG-PV-041	Basalto	-	-	-

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-042	Andesita	-	-	-
TIG-PV-043	Andesita	-	-	-
TIG-PV-044	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-045	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-046	Andesita	-	-	-
TIG-PV-047	Aluvión	Arcilla - Limo	Media	Baja
TIG-PV-048	Andesita	-	-	-
TIG-PV-049	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-050	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-051	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-052	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-053	Toba Riolítica	Arena	Nula	Alta
TIG-PV-054	Riolita	-	-	-
TIG-PV-055	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-056	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-057	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-058	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-059	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-060	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-061	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-062	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-063	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-064	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-065	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-066	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-067	Aluvión	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-068	Aluvión	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-069	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-070	Aluvión	Arcilla - Arena	Media	Media
TIG-PV-071	Aluvión	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-072	Aluvión	Arena - Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-073	Aluvión	Arcilla - Limo	Alta	Media
TIG-PV-074	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-075	Aluvión	Limo - Arena	Baja	Baja
TIG-PV-076	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-077	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-078	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-079	Aluvión	Arcilla - Arena	Alta	Media

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-080	Aluvión	Limo – Arcillosa	Media	Media
TIG-PV-081	Residual	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-082	Toba Riolítica	Arena	Nula	Alta
TIG-PV-083	Residual	Arcilla	Baja	Alta
TIG-PV-084	Aluvión	Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-085	Basalto	-	-	-
TIG-PV-086	Basalto	-	-	-
TIG-PV-087	Residual	Limo	Baja	Media
TIG-PV-088	Residual	Arcilla	Alta	Alta
TIG-PV-089	Aluvión	Limo - Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-090	Residual	Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-091	Residual	Arcilla	Baja	Baja
TIG-PV-092	Residual	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-093	Residual	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-094	Residual	Arcilla	Alta	Baja
TIG-PV-095	Residual	Arcilla	Alta	Media
TIG-PV-096	Residual	Limo - Arcilla	Media	Baja
TIG-PV-097	Residual	Arcilla	Alta	Baja
TIG-PV-098	Basalto	-	-	-

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-099	Andesita	-	-	-
TIG-PV-100	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-101	Toba Riolítica	Arena	Baja	Baja
TIG-PV-102	Ignimbrita	Arcilla	Nula	Alta
TIG-PV-103	Aluvión	Limo - Arena	Baja	Media
TIG-PV-104	Toba Andesítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-105	Basalto	-	-	-
TIG-PV-106	Residual	Limo	Baja	Baja
TIG-PV-107	Residual	Limo	Media	Baja
TIG-PV-108	Aluvión	Limo - Arena	Media	Baja
TIG-PV-109	Toba Riolítica	Arena	Nula	Media
TIG-PV-110	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-111	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-112	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-113	Aluvión	Arcilla - Limo	Media	Media
TIG-PV-114	Aluvión	Arcilla - Arena	Media	Media
TIG-PV-115	Aluvión	Arcilla	Media	Media
TIG-PV-116	Aluvión	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-117	Aluvión	Arena - Limo	Baja	Baja

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN PARA EL TRAMO IRAPUATO-GUADALAJARA.

ID	NOMBRE DE LA ROCA	TIPO DE SUELO	PLASTICIDAD	COHESIÓN
TIG-PV-118	Residual	Arena - Limo	Baja	Baja
TIG-PV-119	Toba Riolítica	Arena	Nula	Baja
TIG-PV-120	Toba Riolítica	Arcilla – Arena	Nula	Media

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XVII. PROPUESTA PARA LA DENSIFICACIÓN DE LA EXPLORACIÓN INDIRECTA Y DIRECTA EN SITIOS DE INTERÉS (GEOLÓGICO Y RIESGO GEOLÓGICO).

El estudio geológico en el área de influencia de proyecto ferroviario Irapuato – Guadalajara incluyó el análisis de información bibliográfica, cartográfica y levantamientos en sitio, con el fin de establecer el marco conceptual necesario para definir los lugares óptimos para la construcción de la obra.

La factibilidad técnica del proyecto mediante la consideración de factores como accesibilidad, marco geológico general, estructuras geológicas, geoformas, geodinámica interna (sismicidad y vulcanismo), geodinámica externa (movimientos en masa del terreno) y la ubicación de bancos de materiales; resulta fundamental en el diseño del programa de exploración geofísica y geotécnica.

Una adecuada planeación de la exploración geofísica y geotécnica en la etapa de estudios previos a la construcción debería estar bien ligada a la complejidad geológica del sitio. Esto asegurará que el modelo geológico que se tenga al inicio de los trabajos de construcción sea suficientemente bueno como para ser la base del diseño geotécnico de la obra y tener sólo mínimas modificaciones durante el transcurso de la misma. Sin embargo, el proceso de refinamiento de un modelo geológico es una actividad que no tiene fin, pero un número reducido de cambios, siempre será sinónimo de un desarrollo asertivo de los estudios previos.

Los modelos deben irse refinando en aras de dejar lo menos posible al azar, de forma tal que las sorpresas durante la construcción se minimicen y se garantice que la obra dure como mínimo el tiempo planeado para su operación y el costo de mantenimiento por eventos externos sea el menor posible durante su vida útil, permiten planificar, presupuestar y realizar el diseño estructural de las obras. Descartar desde etapas iniciales, la mitigación de riesgo geológico y las consecuencias económicas, que pueden dar lugar a grandes pérdidas, más allá de la reparación física de la obra, depende de una buena investigación del sitio.

La campaña de exploración geofísica desde la perspectiva geológica debe diseñarse de forma tal que, proporcione información de las litologías, estructuras geológicas y presencia de suelos arcillosos a profundidad, así como los parámetros elásticos dinámicos de las rocas donde se construirá la obra, lo cual es esencial para contar con información sobre las condiciones de la cimentación, establecer la profundidad a la que se encuentra la roca sana y estimar volúmenes en bancos de materiales. Se recomienda considerar técnicas como Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y Registros de Vibración Ambiental (RVA) de acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia y la normativa aplicable.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La exploración geofísica puede significar ahorros considerables al detectar zonas de debilidad con riesgos de posible derrumbe en el Tramo Irapuato – Guadalajara, lo que ocasionaría modificaciones sustanciales a los diseños y, por lo tanto, la elevación de los costos. Asimismo, la determinación de la calidad de la roca por métodos geofísicos permite la elección de la maquinaría más adecuada para la excavación y orienta a la localización de los puntos en donde conviene realizar la barrenación.

Mientras que, la exploración geotécnica tiene el objetivo de caracterizar la zona de estudio y determinar las propiedades mecánicas e índice del subsuelo para el diseño de las estructuras. Además, favorece identificar suelos expansivos, suelos colapsables, de alta compresibilidad, etc. Se recomienda considerar técnicas como: Sondeo Mixto (SM), Pozos a Cielo Abierto (PCA), Presiómetro de Menard (PMT) y Cono Eléctrico con Medición de Presión de Poro (CPTu), de acuerdo a lo establecido en la Memoria descriptiva de la Mesa de Geotecnia, Geología y Geofísica, Términos de Referencia y la normativa aplicable.

El objetivo de las técnicas de exploración geotécnica es contar con los suficientes parámetros tanto de campo como de laboratorio para poder determinar las propiedades índice y mecánicas del terreno de estudio y así poder realizar los análisis y diseños geotécnicos de la ingeniería de cimentaciones en la infraestructura ferroviaria, evaluar la estabilidad de taludes y/o cortes en terraplenes e identificar las zonas donde se requiera un mejoramiento del terreno. Se analiza a profundidad el terreno con base en los datos adquiridos por Geología, las necesidades constructivas del proyecto y verifica la interpretación de mediciones geofísicas lo que permite anticipar zonas donde se presentarán condiciones de inestabilidad.

En consecuencia, las campañas de exploración geofísica y geotécnica se deben desarrollar de forma tal que, proporcionen suficientes datos para afinar el modelo geológico, a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, en zonas de falla, de riesgo alto (zonificación de riesgos) y de acuerdo con la zonificación geológica, en áreas con presencia de suelos, rocas fracturadas – perturbadas y muy fracturadas, además donde se construirán edificios de importancia (viaductos, cortes, terraplenes, estaciones y paraderos), esto siguiendo los criterios, metodologías y recomendaciones generales establecidos en la Memoria descriptiva de la Mesa de Geotecnia, Geología y Geofísica, los Términos de referencia y normativa aplicable.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XVIII. RECOMENDACIONES DE LAS PROBABLES ESTRUCTURAS (PUENTES, TÚNELES, CORTES, ETC.) Y SU RESPECTIVA EXPLORACIÓN.

Con base en la caracterización geológica, geomorfológica, hidrológica y estructural realizada a lo largo del Tramo Irapuato–Guadalajara, se identificaron diversos sectores donde, debido a las condiciones del terreno, será necesaria la construcción de estructuras especiales tales como puentes, viaductos y obras de paso mayores que garanticen el paso del tren.

La definición preliminar de estas estructuras requiere una evaluación integral de las condiciones del subsuelo, considerando la naturaleza y distribución de los materiales geológicos presentes, el grado de alteración y fracturamiento de las unidades rocosas, la presencia de depósitos aluviales o suelos compresibles, así como la existencia de rasgos estructurales que pudieran influir en su comportamiento geotécnico y estabilidad a largo plazo.

En este contexto, el presente apartado establece recomendaciones técnicas preliminares para las probables estructuras propuestas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara, definiendo los alcances de exploración geológica requeridos para las siguientes etapas de la ingeniería (a detalle), con la finalidad de proporcionar información suficiente para la selección de alternativas de cimentación, la evaluación de la capacidad de carga del terreno y la estimación de asentamientos potenciales que puedan afectar la construcción y operación de la infraestructura ferroviaria.

Sin embargo, en caso de que en la etapa de ingeniería básica se identifiquen zonas con niveles de peligro geológico alto, asociadas a fenómenos tales como fallamiento, subsidencia, procesos de remoción en masa o erosión acelerada, deberá realizarse un estudio geológico a detalle, de conformidad con los requerimientos establecidos en la norma SICT N-PRY-CAR-1-03-001-00 y en la especificación CFE 10000-89 (2016).

A. COMPLEJO DE INFRAESTRUCTURAS

Un complejo de infraestructuras es un conjunto de edificaciones, sistemas y servicios diseñados para cumplir funciones específicas en un área determinada. Las estaciones de pasajeros, talleres de mantenimiento, patios de servicio o cocheras son consideradas complejos de infraestructura debido a que cuentan con una estructura principal y secundaria; sistemas de operación; seguridad y mantenimiento y servicios de pasajeros o reparación de trenes (ver Ilustración 71).

Se realizará un estudio geológico a nivel semidetalle (CFE, 2016), en el área de complejo de infraestructuras, utilizando como base la información recopilada durante la exploración geológica para la ingeniería básica, correspondiente a este Informe Geológico. El objetivo es integrar y de ser necesario reinterpretar la información existente, para desarrollar una caracterización más precisa en torno a las condiciones geológicas locales donde se desarrollará la construcción de la estructura.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

De identificarse una zona con nivel de peligro geológico alto (caracterizada por la presencia de fallas, hundimientos o deslizamientos) será obligatorio complementar con un estudio geológico a detalle, siguiendo la normativa de la SICT (Secretaría de Infraestructura, Caminos y Transportes) (N-PRY-CAR-1-03-001-00) y CFE (CFE 10000-89, 2016). Es importante considerar los resultados de las pruebas geofísicas y geotécnicas a realizarse según los Términos de Referencia para la Ingeniería Básica proporcionado por la Agencia de Trenes y Transporte Público Integrado (ATTRAPI).

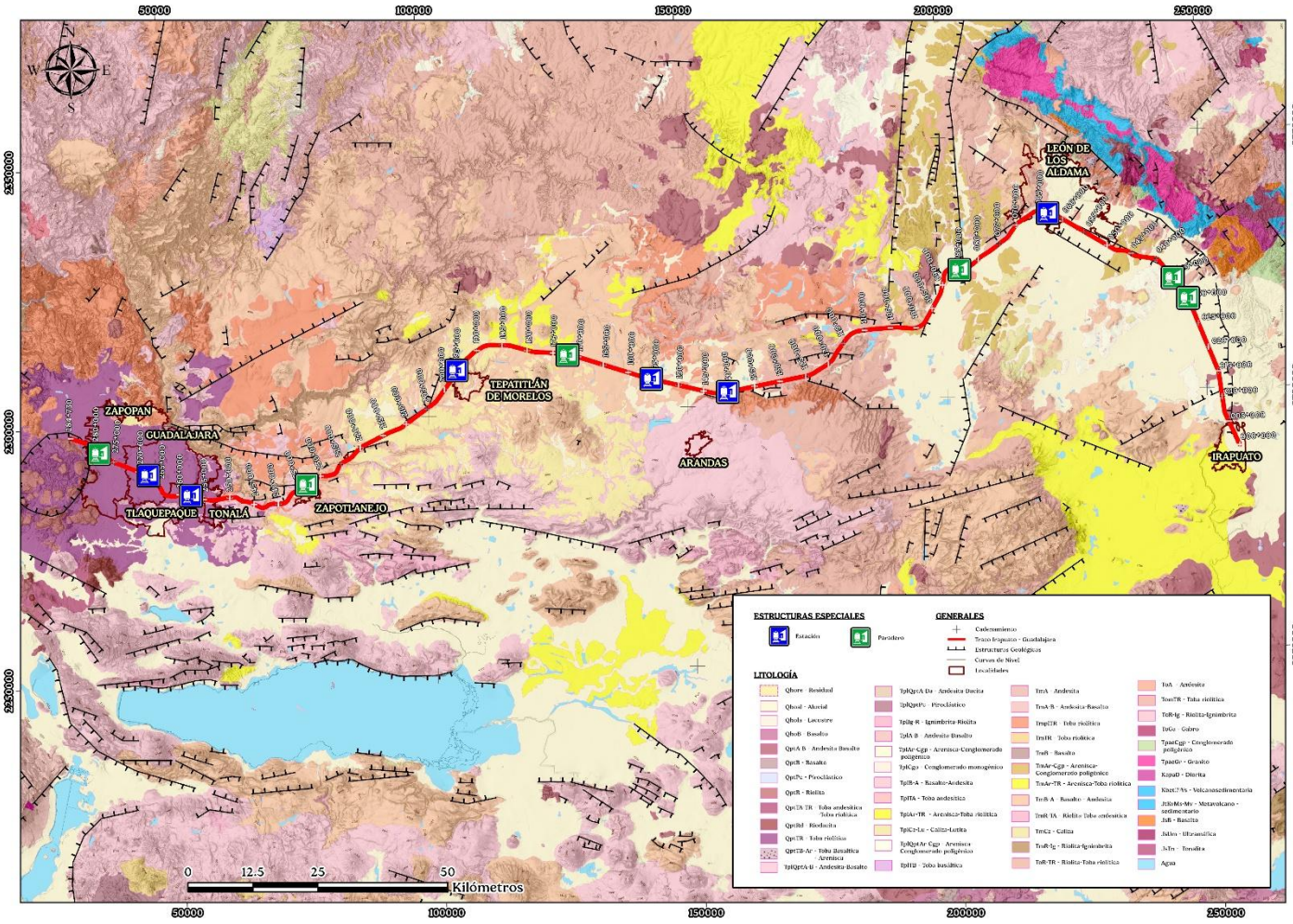


Ilustración 71. Defensa 2026, Mapa de complejo de infraestructuras (paraderos y estaciones) del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. CORTES Y TERRAPLENES

Los cortes y terraplenes corresponden a los sectores del alineamiento ferroviario donde se requiere modificar la topografía natural mediante excavación o la construcción de rellenos para alcanzar la rasante de diseño del proyecto. En ambos casos, la caracterización geológica constituye un insumo fundamental para comprender las condiciones del terreno, identificar los factores geológicos que puedan influir en el comportamiento de la obra y proporcionar criterios para la planificación de las actividades constructivas.

Como actividad inicial, deberá realizarse una revisión detallada del trazado con el fin de identificar los tramos donde se proyecten cortes y terraplenes, priorizando aquellos sectores que, por sus características geológicas, geomorfológicas, por la magnitud de las intervenciones, además del nivel de riesgo, requieran un mayor nivel de investigación. Los cortes de bajo riesgo, se consideran aquellos con alturas de talud inferiores a 15 m, y como cortes de alto riesgo aquellos que superen dicha altura. En terraplenes el criterio considera los menores a 10 m como bajo riesgo y mayores a 10 m o en zonas con características particulares (inundables, sísmicas, de suelos inestables, deslizamientos o cualquier contexto geotécnicamente desfavorable) son de riesgo alto.

En todos los sectores donde se proyecten cortes o terraplenes, se deberá desarrollar un estudio geológico que proporcione la información necesaria para la interpretación del modelo geológico local y la evaluación de las condiciones del terreno. Como mínimo, dicho estudio deberá considerar los siguientes aspectos:

- Caracterización y zonificación estratigráfica de las unidades geológicas presentes, incluyendo la distribución espacial y relaciones de contacto entre los diferentes materiales que serán excavados o que constituirán el terreno de desplante de los terraplenes.

- Identificación y evaluación del grado de alteración y meteorización de los materiales geológicos, así como la delimitación de las zonas de transición entre roca y suelo, con el fin de establecer la variabilidad de las condiciones geológicas a lo largo del alineamiento.

- Para los cortes se deberá considerar los parámetros establecidos en altura y niveles de riesgos asociados, con la finalidad de considerar las obras correspondientes para la mitigación de erosión y deslizamiento de laderas, las cuales se indican en la Guía para el Control de Erosión en Cortes de Proyectos Ferroviarios, proporcionada por la Mesa de Geotecnia.

- Reconocimiento y análisis de las estructuras geológicas regionales y locales, incluyendo fallas, pliegues, discordancias y planos de estratificación, así como de las discontinuidades presentes en los macizos rocosos, tales como fracturas, diaclasas, foliaciones y superficies de exfoliación, determinando su distribución, orientación y continuidad, por su influencia en las condiciones geológicas del sitio y en la ejecución de las obras.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Los resultados del estudio geológico en cortes y terraplenes de riesgo alto se consolidarán en un informe global a detalle que integre los resultados de Geología, Geofísica y Geotecnia para determinados segmentos del Tramo Irapuato - Guadalajara.

En terraplenes mayores a 10 metros se deberán considerar las medidas pertinentes para generar un diseño particular que garantice la estabilidad geomecánica y permita aminorar el nivel de riesgo en la vía férrea, con base en la normativa aplicable (ver Ilustración 72).

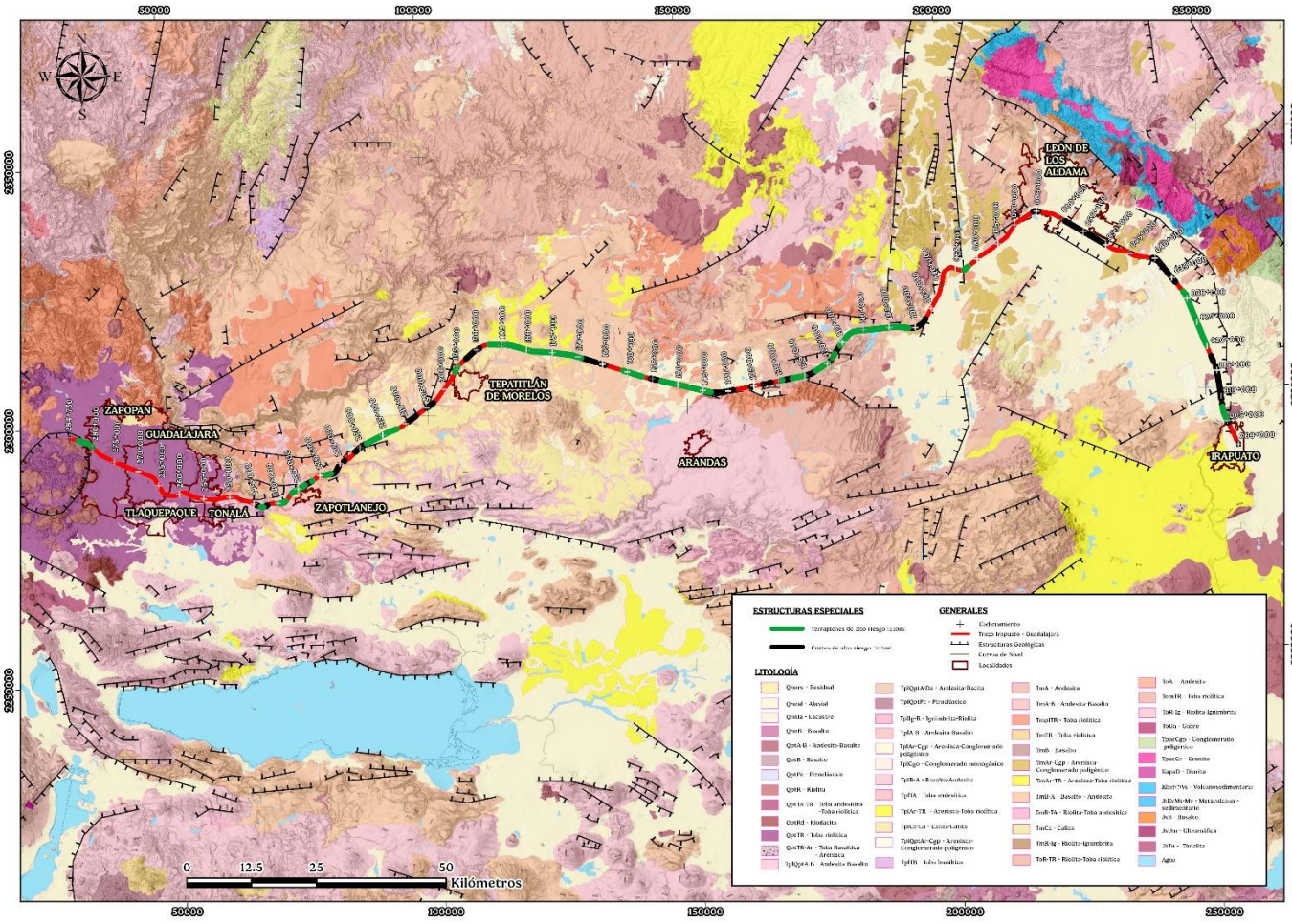


Ilustración 72. Defensa 2026, Mapa de cortes y terraplenes de alto riesgo del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

C. VIADUCTOS FERROVIARIOS

Se desarrollará un estudio geológico a nivel semidetalle, conforme a los lineamientos establecidos en la especificación CFE 10000-49 (2016), en las áreas consideradas para el emplazamiento de las estructuras proyectadas dentro del complejo de infraestructura (ver Ilustración 73). El análisis se sustentará en la información geológica obtenida durante la etapa de ingeniería básica, incluyendo los resultados de los recorridos de reconocimiento de campo, el levantamiento geológico superficial y la caracterización de materiales realizada mediante muestreo, de acuerdo con lo documentado en el Informe Geológico correspondiente.

En caso de que durante la caracterización inicial se identifique una zona con nivel de riesgo geológico alto (como presencia de fallas, hundimientos, deslizamientos, etc.), será obligatorio complementar con un estudio geológico a detalle conforme lo indican en la norma de la SICT (N-PRY-CAR-1-03-001-00) y CFE (CFE 10000-89, 2016). Dicho estudio deberá incluir recorridos de campo dentro como en los alrededores del área de emplazamiento de la estructura, con el propósito de delimitar con mayor precisión la extensión, origen y nivel de riesgo de las condiciones geológicas identificadas (ver Ilustración 73).

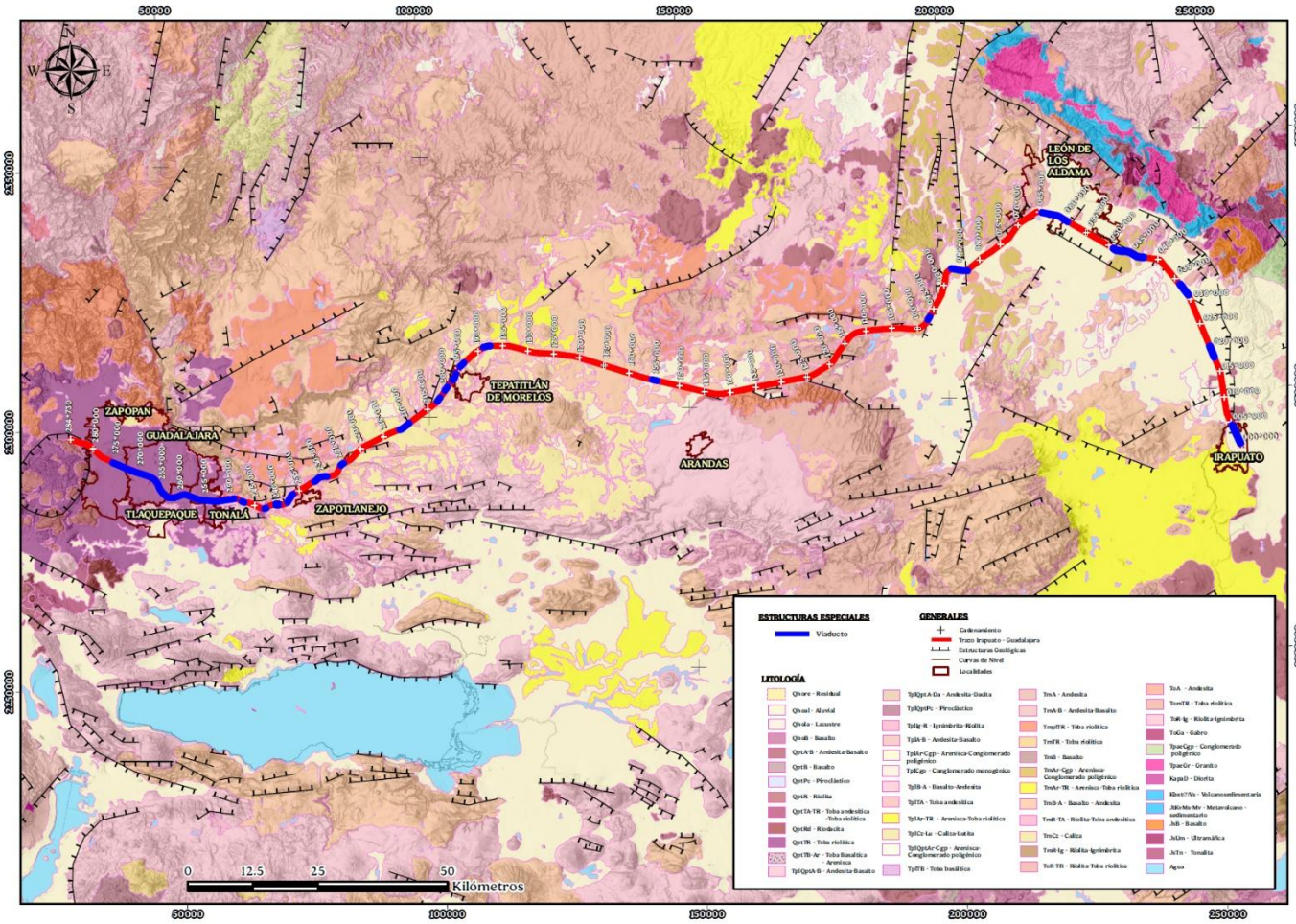


Ilustración 73. Defensa 2026, Mapa de viaductos del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

D. TÚNELES

Las obras subterráneas, en particular los túneles, representan una de las estructuras de ingeniería que requieren el mayor nivel de caracterización geológica, hidrogeológica y geotécnica del subsuelo. La estabilidad de la excavación, la selección del método constructivo y el diseño de los sistemas de sostenimiento y revestimiento dependen directamente del conocimiento detallado de las condiciones del macizo rocoso a lo largo del trazado.

La complejidad geológica del entorno controla el grado de incertidumbre asociado al comportamiento del terreno durante la excavación. Por ello, resulta indispensable identificar y evaluar los factores que influyen en la respuesta mecánica e hidráulica del macizo, entre los que destacan: las condiciones geológicas, definidas por la litología, el grado de meteorización y alteración, así como la presencia de discontinuidades estructurales (fracturas, diaclasas, fallas, pliegues y contactos geológicos); las condiciones hidrogeológicas, relacionadas con la presencia de niveles freáticos, zonas de permeabilidad preferencial e infiltraciones que puedan generar presiones de poro, erosión interna o pérdida de resistencia de los materiales; y las condiciones geotécnicas, determinadas por las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, tales como resistencia, deformabilidad y comportamiento esfuerzo-deformación.

En este contexto, los estudios geológicos constituyen la base para la evaluación del medio físico y la reducción de riesgos durante las etapas de diseño y construcción. Su desarrollo permite definir el modelo geológico del sitio, caracterizar las unidades litológicas involucradas, identificar estructuras geológicas relevantes y reconocer zonas potencialmente inestables o susceptibles a fenómenos como desprendimientos, colapsos, subsidencia o ingreso de agua a la excavación.

Para la exploración geológica del eje ferroviario propuesto para el túnel se recomienda desarrollar las siguientes actividades:

a. Recopilación y análisis de información existente.

b. Levantamiento geológico de detalle.

Los trabajos de ingeniería de detalle deberán desarrollarse conforme a la normativa vigente de la SICT (N-PRY-CAR-1-03-001-00), las especificaciones geotécnicas de la CFE (CFE 10000-89, 2016) y los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño y Construcción de Túneles de Carretera.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

E. PASOS A DESNIVEL FERROVIARIOS Y VEHICULARES

Con el propósito de proporcionar información geológica de soporte para el diseño y emplazamiento de los pasos a desnivel ferroviarios y vehiculares proyectados (ver Ilustración 74), se desarrollará una investigación geológica a nivel semidetalle, de acuerdo con los criterios establecidos en la especificación CFE 10000-49 (2016).

Cuando la evaluación se detecten evidencias de fenómenos geológicos con potencial de afectación significativa, tales como fallamiento, subsidencia diferencial, movimientos de ladera, o cualquier otra condición que implique un nivel elevado de amenaza geológica, se deberá efectuar una investigación geológica a detalle conforme a los lineamientos establecidos en la norma SICT N-PRY-CAR-1-03-001-00 y en la especificación CFE 10000-89 (2016) ver Ilustración 74.

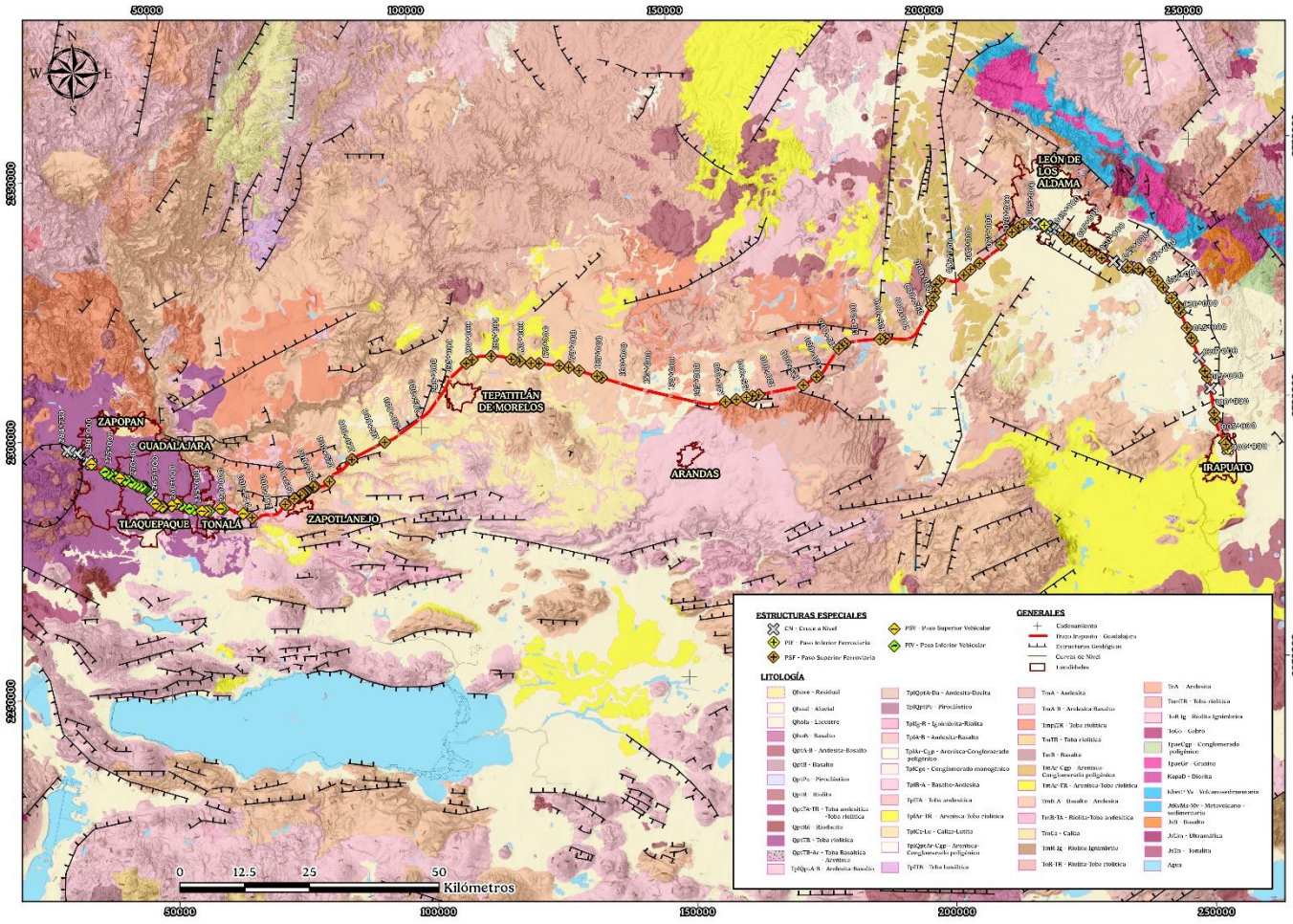


Ilustración 74. Defensa 2026, Mapa de pasos vehiculares y ferroviarios del tramo Irapuato – Guadalajara.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

F. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL, PASOS GANADEROS, PASOS FAUNA, ETC.

Las obras de drenaje transversal, pasos ganaderos y pasos de fauna corresponden a estructuras de menor longitud y complejidad constructiva que los túneles; sin embargo, su adecuado desempeño depende de una caracterización geológica y geotécnica suficiente para garantizar la estabilidad de las excavaciones, la seguridad de las cimentaciones y la funcionalidad hidráulica de las estructuras. La exploración geológica tiene como objetivo identificar las condiciones del terreno que puedan influir en el diseño, construcción y operación de estas obras, así como reconocer factores de riesgo asociados a procesos geodinámicos y erosivos.

Los estudios geológicos permitirán identificar procesos potencialmente adversos, tales como deslizamientos, caídas de bloques, erosión de márgenes, asentamientos diferenciales, subsidencia o inestabilidad de taludes, que puedan representar riesgos durante la construcción y operación de las obras.

Para la exploración geológica de los sitios donde se proyecten obras de drenaje transversal, pasos ganaderos y pasos de fauna, se recomienda desarrollar las siguientes actividades:

a) Recopilación y análisis de información existente.

b) Reconocimiento geológico de detalle.

c) Evaluación geomorfológica e hidrológica.

Los resultados de la exploración geológica deberán integrarse en un modelo geológico-geotécnico del sitio, que permita establecer criterios para la selección de la cimentación, definir medidas de estabilización y protección contra erosión, así como identificar posibles condicionantes constructivas. Los trabajos deberán ejecutarse conforme a la normativa vigente de la SICT y a los lineamientos técnicos aplicables para proyectos carreteros y obras de drenaje.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

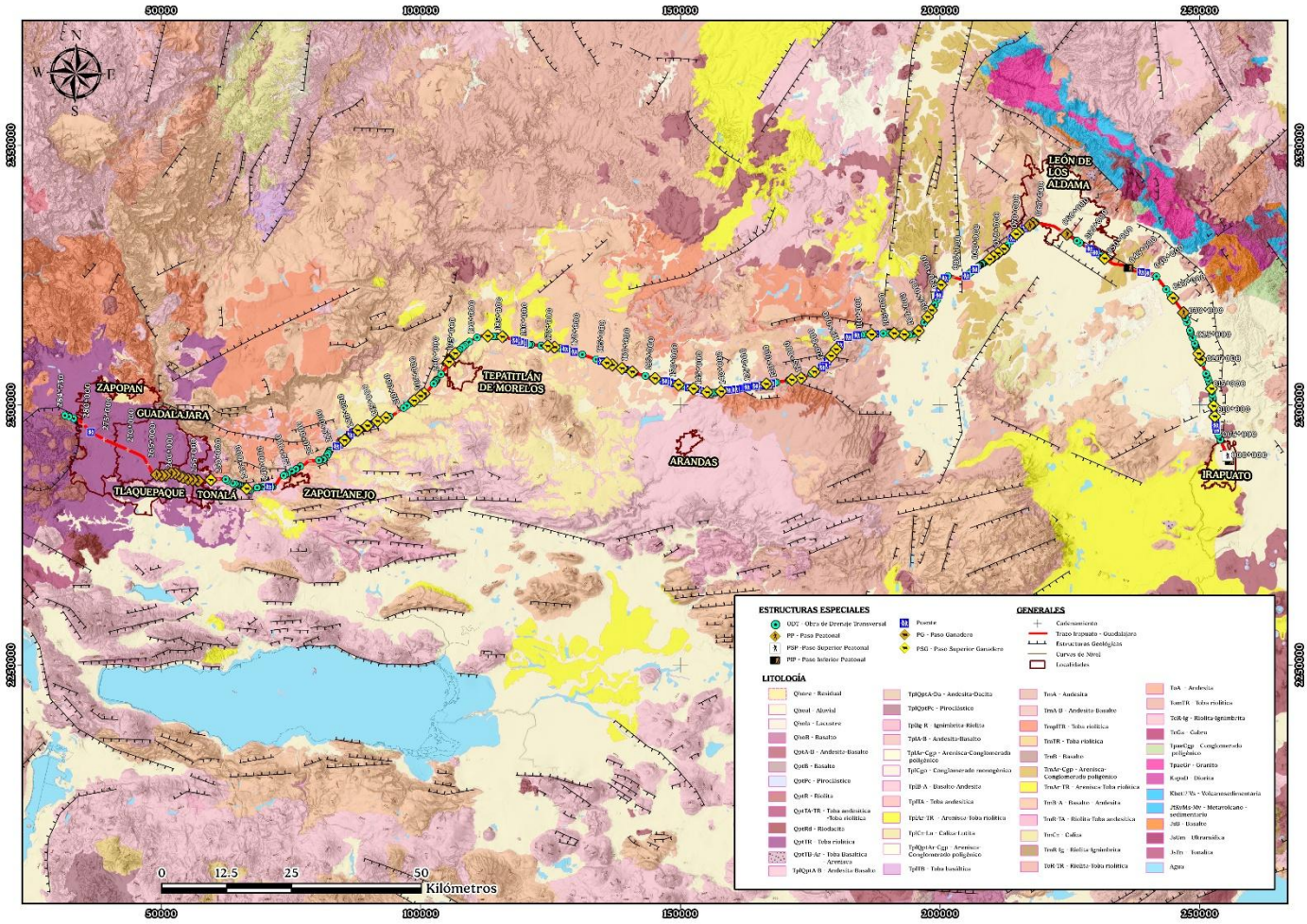


Ilustración 75. Defensa 2026, Mapa de obras de drenaje transversal (ODT), pasos ganaderos, pasos fauna, etc. del tramo Irapuato – Guadalajara.

XIX. CONCLUSIONES

La exploración geológica realizada a lo lardo del eje del Tramo Irapuato-Guadalajara, permitió caracterizar la geológica del área de estudio e identificar al menos quince unidades litológicas mediante el levantamiento de 78 estaciones geomecánicas y 120 puntos de verificación. La mayor parte de estas unidades corresponde a rocas ígneas de origen extrusivo, aunque, en menor proporción se reconocen unidades sedimentarias.

De base a cima, las unidades identificadas se describen como: ToR-TR, conformada principalmente por toba riolítica y rolita, aunque en algunos sectores también se puede encontrar ignimbrita y dacitas; encima se encuentra la unidad ToA, representada por andesitas; que es sobreyacida por la unidad ToR-Ig, integrada por ignimbritas y riolitas; pasando del Oligoceno al Mioceno, en algunos sectores de eje ferroviario se encuentra la unidad TmAr-Cgp, conformada por material de origen sedimentario que permitió la formación de areniscas y conglomerados poligénicos; es sobreyacida por las unidades TmB-A (Basalto-Andesita) y TmR-TA (Riolita-Toba andesítica), que se originaron a partir de diferentes fuentes, pero en el mismo periodo de tiempo. En la transición del Mioceno al Plioceno, se depositó la unidad TmplTR, conformada por toba riolíticas. En seguida se encuentra la unidad TplB-A, compuesta por basaltos y andesitas. La unidad TplAr-TR se depositó sobre la unidad anterior, es una unidad hibrida, conformada por depósitos sedimentarios (areniscas) y depósitos piroclásticos (Tobas riolíticas); posteriormente se depositó la unidad TplQptAr-Cgp (transición entre el Plioceno y el Pleistoceno), con origen completamente sedimentario, compuesta por conglomerado poligénico. Durante el Pleistoceno se depositaron las unidades: QptA-B (andesitas y basaltos) y QptTR (Tobas riolíticas). Por último, en el Holoceno se depositaron los suelos que coronan la secuencia de la zona: Qhoal (suelos aluviales) y Qhore (suelos residuales).

El análisis litológico, geomecánico y estructural del Tramo Irapuato–Guadalajara permitió determinar ocho zonas geológicas, la mayoría con predominio de unidades volcánicas (tobas, ignimbritas, riolíticas, andesitas, basaltos, dacitas, etc. Sin embargo, en menor proporción, se identificaron unidades sedimentarias, como conglomerados, depósitos aluviales y suelos residuales.

Las tobas riolíticas constituyen la unidad litológica de mayor distribución, presentan calidad de roca que varía de regular a mala, correspondientes a las clases III y IV de la clasificación RMR, y a estabilidades de los macizos que varía de parcialmente estable a inestable debido a la composición granular del material. En contraste, unidades litológicas como los basaltos, las andesitas y las riolitas muestran una calidad de roca de buena a regular (clases II y III del RMR), lo que se asocia con una mayor compactación del material, que le otorga estabilidad que varía de parcialmente estable a estable, en función del grado de fracturamiento.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

La condición estructural del Tramo Irapuato – Guadalajara controla el grado de fracturamiento de los macizos rocosos, el movimiento entre bloques y, además, influye en la morfología y el desarrollo de riesgos como deslizamientos de laderas y fallas geológicas. Se relaciona con la tectónica extensional de la región, representada por sistemas regionales de fallas, entre los que destacan, para la porción Este del tramo ferroviario, la Falla del Bajío, el Sistema Morelia–Acambay y el Graben Penjamillo; mientras que, en el sector Centro y Oeste del tramo se presenta el Sistema de Fallas Los Altos, los sistemas de rift, como el de Chapala, Colima o Tepic-Zacoalco.

Con base en lo anterior, se determinó que las zonas geológicas con condiciones óptimas son las zonas V y VII, conformadas por basaltos – andesitas de buena calidad y estables. La Zona III exhibe tobas y riolitas que en conjunto mejoran las propiedades del terreno, obteniendo una calidad de roca que varía de buena a regular y estabilidades que oscilan entre estables y parcialmente estables. En las zonas I y IV se registraron variaciones significativas, al dominar rocas formadas por la consolidación de sedimentos, tanto de origen sedimentario (aluvión) como volcánico (tobas) la calidad del material bajo ´proporcionalmente hasta regular con macizos rocosos parcialmente estables. Por último, las zonas geológicas con mayor probabilidad de requerir análisis a detalle son: II, VI y VIII La Zona II presenta una calidad de roca que varía de regular a mala y estabilidad parcial o completamente inestable, como respuesta a la presencia de tobas riolíticas en contacto con material aluvial en zona de fallas geológicas activas. Mientras que, las zonas VI y VIII se caracterizan por una calidad de roca mala, además de ser inestables, posiblemente debido a que en ambas regiones predominan rocas formadas a partir de sedimentos parcialmente consolidados, tanto ígneos (tobas) como sedimentarios (suelos aluviales y residuales).

No obstante, la zonificación no depende únicamente de las condiciones litológicas y geomecánicas de los macizos rocosos. Otro factor determinante, es el nivel de riesgo presente en cada zona que puede reducir su condición global dentro de la zonificación. Los principales riesgos geológicos identidades a lo largo del Tramo Irapuato-Guadalajara corresponden a la presencia de lineamientos geológicos (Fallas activas), riesgo por inundación, suelos expansivos y colapsables, subsidencia, riesgo por sismicidad y deslizamiento de laderas.

Con base en planos hipsométricos y estudios hidrológicos, se identificó que el riesgo por inundación para el Tramo Irapuato – Guadalajara se focaliza en los extremos. Las zonas geológicas I, II y III, registran un riesgo por inundación moderado y concentran el mayor número de áreas susceptibles a inundaciones del eje ferroviario. Por otro lado, la Zona VII y VIII presentan un aumento progresivo en el nivel de riesgo, pasando de riesgo medio a muy alto, alcanzando condiciones críticas entre los Pk 228+000 y 251+000, donde confluyen el río Santiago; y en la ciudad de Guadalajara donde el nivel de riesgo por inundación llega a su máximo nivel como consecuencia de su morfología y del intenso desarrollo urbano.

El riesgo relacionado con estructuras geológicas por fallas activas, se concentra en las zonas geológicas I, II, III y VII, donde se identificaron en campo y mediante los estudios de geofísica. Las fallas representan puntos de interés porque implican movimiento entre los bloques de roca sobre los que se desplantan estructuras o construyen las vías férreas, por lo que, se consideran de importancia las que interceptan al eje ferroviario y/o corren paralelas a la vía con una distancia

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

inferior a 30 m (en áreas donde se puede construir edificaciones perpendiculares al eje). En el resto de las zonas geológicas, es decir, de la zona IV a la VI, así como en la zona VIII, no se identificaron afectaciones por fallas.

Las zonas geológicas III y VII pueden ser susceptible a procesos de inestabilidad debido a la convergencia de fallas geológicas regionales y topografía accidentada, en las inmediaciones del Tramo Irapuato - Guadalajara.

La subsidencia, de acuerdo a los datos empleados del INEGI para los periodos de 2017 a 2019, se concentra en las áreas metropolitanas por las que atraviesa el eje ferroviario (Irapuato, Silao y León de los Aldama), puede asociarse a la sobreexplotación de acuíferos para el abastecimiento de las ciudades y el uso agrícola, así como, a la presencia de suelos con altos contenidos en arcillas. En la zona de Guadalajara el Tramo Irapuato - Guadalajara no tiene este problema, sin embargo, interceptará una red de galerías subterráneas que podría implicar riesgos por colapsos o asentamientos durante los procesos constructivos o de operación en caso de no ser mitigados o considerados desde la etapa de diseño.

De acuerdo a la cartografía regional publicada por el INEGI, la distribución de suelos tipo vertisol es muy amplia a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara. Sin embargo, sólo en sectores muy específicos se vinculan a procesos de expansión, hundimiento o colapso (Irapuato).

El riesgo por actividad sísmica en la mayor parte del Tramo Irapuato – Guadalajara, con base en la regionalización sísmica propuesta por la CFE en 2015 y el análisis de la sismicidad en la zona en los últimos 100 años, se considera B (Baja), a excepción de la ciudad de Guadalajara donde la sismicidad aumenta considerablemente y es concordante con el cambio a la región sísmica C (Alta).

Factores como el vulcanismo se descartan por la distancia del Tramo Irapuato - Guadalajara a los centros de emisión activos más cercanos (volcán Ceboruco y volcán de Colima).

Adicionalmente, en el Tramo Irapuato – Guadalajara se identificó un riesgo químico potencial por el pasivo ambiental que representa la planta “Química Central de México S.A de C.V. El eje ferroviario se encuentra a una distancia de 600 m de las presas de jales, por lo que, es conveniente delimitar las plumas de contaminación en suelo y agua antes del arranque de la obra con la finalidad de descartar afectaciones dentro del DDV.

Por lo antes expuesto, la factibilidad geológica del Tren de Pasajeros Irapuato – Guadalajara se mantiene, siempre y cuando se tomen en cuentan los parámetros señalados en el presente documento durante las etapas de diseño, construcción y operación.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XX. RECOMENDACIONES

a. El desarrollo integral del proyecto debe considerar como punto de partida, los trabajos de Ingeniería Básica para el desarrollo de la Ingeniería a Detalle, así como, en la etapa de prediseño. El modelo Geológico integra la información de las condiciones del terreno a lo largo del eje de Tramo Irapuato - Guadalajara e incluye el análisis de riesgos, por lo que, es recomendable considerarlo por especialidades como proyecto geométrico, plataforma y vía y estructuras para el desarrollo de los terraplenes, viaductos, puentes y plataformas.

b. En las zonas afectadas por subsidencia y/o donde predominan depósitos aluviales, litologías parcialmente consolidadas o se identifica la presencia potencial de suelos tipo vertisoles (asociados a hundimientos), se recomienda revisar los resultados de la exploración geotécnica, con el fin de considerar la instalación de estaciones piezométricas a lo largo del Tramo Irapuato - Guadalajara para monitorear las variaciones del nivel freático y detectar cambios hidrodinámicos en el subsuelo que pudieran estar asociados a procesos de consolidación, asentamiento o subsidencia, esto proporcionará información útil para evaluar su posible influencia sobre la estabilidad y geometría de la vía e infraestructura.

c. En los sectores donde el Tramo Irapuato - Guadalajara es interceptado o se localiza próximo a fallas geológicas activas (paralelas al eje ferroviario con una distancia al eje de ≤30 m), se deberán revisar los resultados de la exploración geofísica de la zona para confirmar o descartar su propagación en el subsuelo, asimismo contar con la información suficiente sobre su ubicación, geometría, continuidad y extensión, en función del diseño de las obras de infraestructura. También, se sugiere evaluar las fallas paralelas al Tramo Irapuato - Guadalajara que se encuentren en un radio ≤500 m, con la finalidad de desestimar afectaciones asociadas a derrumbes o caída de material en las inmediaciones de DDV (mapa de lineamientos geológicos). Esta recomendación es prioritaria entre los Pk 003+000, 011+000, 038+000, 042+000, Pk 058+000, 083+000, entre los Pk 095+000 y 099+000, alrededor del Pk 117+000 y 127+000, así como en los Pk 199+000, 204+000, 220+000, 232+000, 246+000 y 250+000; que corresponde a sectores donde existe intersección con el Tramo Irapuato - Guadalajara o se encuentran muy próximos a este.

d. En los sectores de cortes con alturas de talud ≥15 m, catalogados como de alto impacto, que aunado a la calidad de los materiales, la susceptibilidad a subsidencia e inundaciones, así como, la presencia potencial de fallas geológicas activas, se recomienda revisar los resultados de los estudios geofísicos y geotécnicos para la zona en los siguientes PK´ s 097+400 al 101+002, del Pk 115+860 al 117+420, del Pk 118+600 al 119+400, del Pk 122+800 al 124+680, del Pk 154+120 al 154+820, del Pk 203+480 al 208+120, del Pk 219+320 al 221+120, del Pk 226+020 al 227+600 y alrededor del Pk 232+000; con el objetivo caracterizar a semidetalle los sitios y con base es ello, considerar levantamientos geofísicos y geológicos a semidetalle, previos a las excavaciones, para complementar la información y contar con datos suficientes para el diseño de los taludes de corte con las

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

medidas de estabilización que garanticen su estabilidad durante las etapas de construcción y operación.

e. El control, mitigación y prevención del riesgo por inundación resulta esencial, por lo que se recomiendan implementar las obras de drenaje transversal y longitudinal necesarias en las zonas de mayor susceptibilidad, con base en estudios hidrológicos e hidráulicos, que permitan el desvío y dren adecuado de los escurrimientos, para controlar y mitigar los escurrimientos extraordinarios en áreas de terraplén y edificaciones. A partir de las zonas inundables identificadas por hidrología, se sugiere considerar los Pk´ s 007+000 al 029+000, entre los Pk 068+500 al 091+700, entre los Pk 107+600 y 112+000, del Pk 145+000 al 153+000, 157+000–160+000, alrededor del Pk 237+000 y del Pk 264+500 al 267+700.

f. Para el sector del Tramo Irapuato - Guadalajara que se localiza en la región sísmica C (de alta sismicidad) y en áreas de viaductos y puentes, se recomienda integrar el análisis del espectro de diseño sísmico en la etapa de Ingeniería a Detalle, que proporcionará las aceleraciones, velocidades o desplazamientos máximos que sufrirán los materiales ante un sismo, con el fin de considerarse en el diseño y construcción de las obras de infraestructura, definiendo oportunamente las medidas de estabilización y mitigación necesarias para garantizar su seguridad y funcionalidad. Para este estudio, también se deben considerar las zonas de fallas activas que afecten al eje ferroviario.

g. Los sectores del Tramo Irapuato - Guadalajara con mayor susceptibilidad a deslizamientos de laderas deberán incluir programas periódicos de supervisión geológica con el fin de descartar cambios respecto a las condiciones iniciales del terreno, especialmente en sectores donde convergen fallas geológicas activas y condiciones geomecánicas poco favorables de los materiales; lo que permitirá identificar oportunamente sitios de riesgo donde se podrán realizar estudios geofísicos a semidetalle para definir oportunamente las medidas de estabilización. Esta recomendación aplica para los Pk 065+000–072+000, correspondientes a la Zona II; entre los 104+000–106+000 y 115+000–121+000 de la Zona III, 121+000–124+000 y 141+000–145+000, de la Zona IV; 175+000–177+000, de la Zona V; así mismo, entre los Pk 201+000-207+000, Pk 224+000-228+000 y Pk 238+000 -243+000, correspondiente a la Zona VII; por último, los sectores de la Zona VIII con susceptibilidad a deslizamiento comprende del Pk 253+001 al 255+000, del Pk 257+000 al 260+000.

h. Finalmente, durante las etapas de construcción y operación de la vía e infraestructura asociada, se recomienda implementar un programa integral de supervisión geológica que permita verificar que las condiciones geológicas, estructurales y geomecánicas identificadas durante la caracterización inicial se mantengan. En caso de detectarse variaciones en las condiciones del macizo, deberá actualizarse la caracterización geológica y definirse oportunamente las medidas de estabilización y mitigación necesarias para garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura ferroviaria.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XXI. CATÁLOGO DE FUENTES CONSULTADAS

TABLA 33. CATÁLOGO DE FUENTES CONSULTADAS.

FUENTE BIBLIOGRÁFICA	ESCALA	TIPO DE DATOS	AÑO	NIVEL DE CONFIABILIDAD
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Edafología Escala 1:250,000. https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/	1:250,000	Nacional	N/D	Alta
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Marco de desarrollo estadístico, Modelo Digital de Elevación, Escala 1:250,000. https://www.inegi.org.mx/programas/mde/	1:250,000	Nacional	N/D	Alta
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Geología, Escala 1:50,000. https://www.inegi.org.mx/temas/geologia/	1:50,000	Nacional	N/D	Alta
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Fisiografía, Escala 1:1,000,000. https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/	1:1,000,000	Nacional	N/D	Alta
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Topografía, Escala 1:50,000. https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/	1:50,000	Nacional	N/D	Alta
Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (s.f.). Inestabilidad de laderas. Atlas Nacional de Riesgos. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html	1: 1,000,000	Nacional	N/D	Alta
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Servicio Sismológico Nacional (SSN). (s.f.). Catálogo de sismos. http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/	-	Nacional	N/D	Alta

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

TABLA 33. CATÁLOGO DE FUENTES CONSULTADAS.				
FUENTE BIBLIOGRÁFICA	**ESCALA**	**TIPO DE DATOS**	**AÑO**	**NIVEL DE CONFIABILIDAD**
Servicio Geológico Mexicano (SGM). (s.f.). Cartas disponibles. https://www.sgm.gob.mx/CartasDisponibles/	1:250,000 y 1:50,000	Nacional	N/D	Alta
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Regionalización sísmica (CFE, 2015). https://rmgir.proyectomesoamerica.org/server/rest/services/Aplicativos/Capas_RMGIR/MapServer/203	1: 1,000,000	Nacional	2015	Alta
Geofísica-UNAM. (2008). Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de: https://www.geofisica.unam.mx/mapas/IGEF_mapa_peligros_ceboruco_2019_web.pdf	-	Nacional	2008	Alta
Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Fenómenos geológicos.: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_FEN_GEO.pdf	-	Nacional	2006	Alta
U.S. Geological Survey (USGS). (s.f.). Vs30 Models and Data. https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1	-	Global	N/D	Alta
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Distribución espacial y magnitud promedio de la subsidencia en León y Silao, Gto., en el periodo 2017-2019. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463849773	-	Nacional	2020	Alta

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XXII. BIBLIOGRAFÍA

Alatorre-Zamora, M. A. y otros, 2015. Chapala half-graben structure inferred. A magnetometric study. Geofísica Internacional, 54(4), pp. 323-342.

Alexander, D., 1993. Natural Disasters. New York: Taylor & Francis Group.

Alvarado-Méndez, H., López-Ojeda, J. A. & Caballero-Martínez, J. A., 1998. Carta Geológica-Minera Guanajuato F14-C43, Gto., Esc. 1:50,000, Pachuca, Hgo.: Servicio Geológico Mexicano (SGM).

Alvarado-Méndez, H. & Rodríguez-Trejo, S., 1998. Carta Geológica - Minera Nuevo Valle Moreno f14-c42 Escala 1:50,000 Estado de Guanajuato, Pachuca, Hgo.: Servicio Geológico Mexicano (SGM).

Arboleda-Zapata, M. J., 2018. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] Available at: https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/66469f14-aa9e-4aa5-8b0a-40d7a8c5b0a0/content

Barrera-Hernández, D. y otros, 1998. Informe Final de la Cartografía Geológico-Minera Carta Colima (E13-3) Escala 1:250,000, Colima: Consejo de Recursos Minerales (SGM).

Best, M. G., 2013. Igneous and Metamorphic Petrology. Malden(Massachusetts): Blackwell Publishing.

Bieniawski, Z. T., 1989. Engineering rock mass classifications. New York: Wiley.

Caballo Alvarado, J. E., 1990. Suelos colapsables. Su influencia en obras de ingenieria civíl. México, D. F. : s.n.

Castillo, M., Arce, J. L. & Muñoz-Salinas, E., 2019. Evolución del relieve en las fallas San Marcos, El Madroño y Las Vigas,. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 71(3), pp. 631-656.

CENAPRED, 2003. [En línea] Available at: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/peligros-colima.html

CENAPRED, 2020. Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país., Ciudad de México: s.n.

CENAPRED, 2022. . Elaboración de guías de prevención y mitigación del riesgo en zonas propensas a hundimiento y agrietamiento del terreno, Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CENEPRED, 2025. Estudio de evaluación de riesgo por deslizamiento de la zona de acogida para el proceso de reasentamiento poblacional, caso Nunupata, distrito de Chavín de Huantar, provincia de Huarí y departamento de Ancash, s.l.: s.n.

CFE, 2015. Espectros de diseño sismico para la nueva version del manual de Diseño de obras Civiles de CFE, Ciudad de México: Comisión Federal de Electricidad.

CFE, 2016. Guía Realización de Estudios Geológicos a Semidetalle. CFE 10000-49, Ciudad de México: Comisión Federal de Electricidad.

CONABIO, 2001. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea] Available at: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/eda251mgw.html

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

CONABIO, 2007. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea] Available at: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/cuencasmx.html

CONABIO, 2022. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea] Available at: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/catp50s3gw.html

CONAGUA, 2015. Atlas del Agua en México, México, D.F: s.n.

CONAGUA, 2024. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Silao-Romita (1110), Estado de Guanajuato, Ciudad de México: CONAGUA.

CONAGUA, 2024. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Valle De León (1113), Estado de Guanajuato, Ciudad de México: s.n.

del Pilar-Martínez, A., 2021. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] Available at: https://www.researchgate.net/publication/351194309_Evolucion_del_sistema_polimodal_de_fallas_normales_del_sur_de_la_Mesa_Central_de_Mexico_Implicaciones_para_el_desarrollo_de_areas_afectadas_por_deformacion_triaxial_fragil

del Río-Varela, P. y otros, 2020. Geología y estructura de las sierras de Guanajuato y Codornices, Mesa Central, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, pp. 1-20.

Díaz-Bravo, B. A., 2014. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] Available at: https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/5ceeb207-36b2-40d9-ad2d-a6c7f3c5af7e/content

Dov-Bahat, A. & Rabinovitch, V. F., 2005. Tensile Fracturing in Rocks. Berlin: Springer Berlin, Heidelberg.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V. & Manea, M., 2012. The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. Tectonophysics, Volumen 522, pp. 122-149.

Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas, S. & Romero, F., 2000. Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block. Geological Society of America, Issue 334, pp. 65-84.

Gámez Ordaz, V. y otros, 2019. Carta Geológico-Minera San Diego de Alejandría F14-C51, Pachuca, Hgo.: Servicio Geológico Mexicano.

García- Palomo, A. y otros, 2002. Volcanic stratigraphy and geological evolution of the Apan re-gion, east-central sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt. Geofísica Internacional, 4(2), pp. 133-150.

Geofísica-UNAM, 2008. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] Available at: https://www.geofisica.unam.mx/mapas/IGEF_mapa_peligros_ceboruco_2019_web.pdf

Gobierno de México, 2023. Gobierno de México. [En línea] Available at: https://www.gob.mx/proyectos-prioritarios [Último acceso: 23 Abril 2026].

Goicochea-Villanueva, G. & Vasquez-Villena, J. B., 2020. Repositorio Institucional UPN. [En línea] Available at: https://repositorio.upn.edu.pe/item/8f1ec1b4-44a6-46f8-84f9-

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

13ea2715d398
[Último acceso: 23 Abril 2026].

Gómez Ramírez, M., 2024. Análisis geoespacial de posibles cuerpos mineralizados tipo VMS o SEDEX en el sur de la Mesa Central. [En línea] Available at: https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/9216/TesisM.FI.2024.An%C3%A1lisis.G%C3%B3mez.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M. T. & Ferrari, L., 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, LVII(3), pp. 227-283.

Hernández-Avelino, I., Aceves-Quesada, J. F. & Legorreta-Paulín, G., 2023. Inventario de caídas de rocas, análisis estadístico y mapeo geomorfológico de la Localidad Área Nueva en la porción NE de la Sierra de Guadalupe, Estado de México. Investigaciones geográficas.

Hernández-Uribe, R. E., Barrios-Piña, H. & Ramírez, A. I., 2015. Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. Tecnología y Ciencias del Agua.

Hoek, E., Kaiser, P. K. & Bawden, W. F., 1995. Support of Underground Excavations in Hard Rock. Rotterdam: A.A Balkema.

Houston, S. L., Houston, W. N. & Zapata, C. E., 2001. Geotechnical engineering practice for collapsible soils. Geotechnical and Geological Engineering, Issue 19, pp. 333-355.

INEGI, 1998. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. [En línea] Available at: https://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825222253/702825222253_1.pdf

INEGI, 2000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. [En línea] Available at: https://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223458/702825223458_3.pdf

INEGI, 2001. Síntesis de Información geográfica del estado de México, s.l.: s.n.

INEGI, 2003. México Hoy, Aguascalientes: s.n.

INEGI, 2020. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. [En línea] Available at: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463849773

INEGI, 2022. Informe de Actividades y Resultados, Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

International Society for Rock Mechanics, 1981. Rock characterization, testing and monitoring: ISRM suggested methods. Oxford: Pergamon Press.

IUSS Working Group, 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006. Roma: s.n.

Jordá Bordehore, L., Tomás Jover, R., Arlandi Rodríguez, M. & Abellán Fernández, A., 2016. Manual de Estaciones Geomecánicas. Descricpión de Macizos Rocosos en Afloramientos. Madrid: Gráficas Arias Montano.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Kaytan Can, M., 2012. Universitat Politecnica de Catalunya. [En línea] Available at: https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/a4dfcff5-0522-4c91-a4e8-6a5ee4be12d2/content [Último acceso: 25 Abril 2026].

Keefer & Wilson, 1984. Landslides caused by earthquakes. Geological Society of America, 95(4), pp. 406-421.

Lagarde-Zapata, L. Y., 2020. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] Available at: https://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/ElCapulin.pdf [Último acceso: 23 Abril 2026].

Lugo, Hubp, J. & Córdova, C., 1991. Regionalización geomorfológica de la república mexicana. Investigaciones Geográficas, pp. 25-63.

Marinos, V., Marinos, P. & Hoek, E., 2005. The geological strength index: applications and limitations. Issue 64, pp. 55-65.

Montiel-Escobar, J. E. y otros, 1998. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] Available at: https://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/metadatos_geoq/78_Morelia_E14-1_Gq.html [Último acceso: 23 Abril 2026].

Morán-Zenteno, D. J., 1984. Geología de la República Mexicana. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

Nelson, J. D. & Miller, D. J., 1992. Expansive Soils Problems and Practice in Fundation and Pavement Engineering. Colorado: John Wilwy & Sons.

Nieto-Samaniego, Á. F., Alaniz-Álvarez, S. A. & Camprubí í Cano, A., 2005. La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 57(3), pp. 285-318.

Ortíz-Hernández, L. E. y otros, 1990. El Arco Intraoceánico Alóctono (Cretácico inferior) de Guanajuato-Características Petrográficas, Geoquímicas, Estructurales e Isotópicas del Complejo Filoniano y de Lavas Basálticas Asociadas; Implicaciones Geodinámicas. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 9(2), pp. 126-145.

Palmström, A., 1974. The volumetric joint count—a useful and simple measure of the degree of rock jointing. Proceedings of the 4th International Congress of the International Association of Engineering Geology, Volumen 5, pp. 221-228.

Pérez-Martínez, M. B., 2012. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] Available at: https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T1104SAGA0002_01.pdf [Último acceso: 23 Abril 2026].

Pérez-Martinez, M. B., 2013. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] [Último acceso: 23 Abril 2026].

Pierson, T. C. & Major, J. J., 2014. Efectos hidrogeomorfológicos de las erupciones volcánicas explosivas en las cuencas hidrográficas: Revista Anual de Ciencias de la Tierra y Planetarias (Hydrogeomorphic effects of explosive volcanic eruptions on drainage basins: Annual Review of Earth and. Tectonophysics, Volumen 42.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Priest, S. D. & Hudson, J. A., 1976. Discontinuity spacings in rock.. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 13(5), pp. 135-148.

Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1987. The Techniques of Modern Structural Geology. Londres: Academic Press.

Rivera-Olguín, E., 2016. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. [En línea] Available at: https://ninive.uaslp.mx/xmlui/handle/i/4095 [Último acceso: 23 Abril 2026].

Rosas-Elguera, J., 2023. La Sucesión Volcánica Carmichael del Bloque Jalisco, México: Magnetoestratigrafía e implicaciones. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 74(2), pp. 1-18.

Sánchez-González, J. A., 2004. SGM. [En línea] Available at: https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T1104SAGA0002_01.pdf [Último acceso: 24 Abril 2026].

Scholz, C. H., 2019. The Mechanics of Earthquakes and Faulting. United Kingdom: Cambridge University Press.

SCT, 2018. Secretaría de Caminos y Transportes. [En línea] Available at: https://micrs.sct.gob.mx/index.php/planeacion/documentos-del-sector/sectorial [Último acceso: 23 Abril 2026].

Secretaría de Seguridad Pública, 2023. Atlas de Riesgos del Municipio de Celaya, Guanajuato: Coordinación Estatal de Protección Civil.

Secretaría de Seguridad Pública, 2023. Atlas de Riesgos del Municipio de Santiago Maravatío, Guanajuato, México: Coordinación Estatal de Protección Civil.

SEMARNAT, 2008. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [En línea] Available at: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_1.html#2

SGM, 1997. Carta Geológico-Minera de Guanajuato F14-7, Pachuca, Hgo.: Servicio Geológico Mexicano (SGM).

SGM, 2017. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] Available at: https://www.gob.mx/sgm/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos

SICT, 2021. Principales Estadísticas del Sector Infraestructura Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México: Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes.

Smith, K. & Ward, R., 1998. Physical Processes and Human Impacts. Chichester: Wiley.

Suárez-Arias, A. M. y otros, 2023. Una revisión de la geología y evolución tectónica cenozoicas de la Mesa Central de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 40(2), pp. 187-213.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Torres-Hernández, J. R., 2009. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] Available at: https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/2b1d90e6-4f3e-4829-9117-d332473c91db/content
[Último acceso: 23 Abril 2026].

Twiss, R. J. & Moores, E. M., 2007. Structural Geology. New York: W. H. Freeman and Company.

Vélez-Basurto, 2004. Inventario Físico de los recursos minerales del municipio Irapuato, Gto., Irapuato, Gto.: Consejo de Recursos Minerales.

Villalobos-Aragón, A. y otros, 2012. Geochemistry and Cr stable isotopes of Cr-contaminated groundwater in León valley, Guanajuato, México. Applied Geochemistry, 27(9), pp. 1783-1794.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

XXIII. ANEXOS

TABLA 34. ANEXOS DEL INFORME GEOLÓGICO.		
CÓDIGO	**DOCUMENTO**	**NOMBRE**
IG-T00-SDEF-01-V00-ANE-PR_GEO-0101	ANEXOS	ESTACIONES GEOMECÁNICAS
IG-T00-SDEF-01-V00-ANE-PR_GEO-0201		PUNTOS DE VERIFICACIÓN
IG-T00-SDEF-01-V00-ANE-PR_GEO-0301		BASE DE DATOS GEOLÓGICA ESTACIONES GEOMECÁNICAS
IG-T00-SDEF-01-V00-ANE-PR_GEO-0302		BASE DE DATOS GEOLÓGICA PUNTOS DE VERIFICACIÓN
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0101 - IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0111	PLANOS	PLANTA DE UBICACIÓN DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0201 - IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0208		PLANTA GEOLÓGICA Y SECCIÓN GEOLÓGICA
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0301 - IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0357		RIESGOS GEOLÓGICOS
IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0401 - IG-T00-SDEF-01-V00-PLA-PR_GEO-0405		LOCALIZACIÓN DE LAS POSIBLES ESTRUCTURAS ESPECIALES

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA DEFENSA, QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL