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

Economía
Secretaría de Economía

SGM
SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO



Manifestación de Impacto Ambiental

Particular modalidad: Sin actividad altamente riesgosa

Exploración Geológica en el área La Unión

Mayo, 2026.

Contenido

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

I.I PROYECTO 9
I.I.1 Nombre del proyecto 9
I.I.2 Ubicación del proyecto 9
I.I.3 Tiempo de vida útil del proyecto 11
I.I.4 Presentación de la documentación legal 11
I.II PROMOVENTE 11
I.II.1 Nombre o razón social 11
I.II.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente 11
I.II.3 Nombre y cargo del representante legal 11
I.II.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 11
I.III RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 12
I.III.1 Nombre o razón social 12
I.III.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP 12
I.III.3 Nombre del responsable técnico del estudio 12
I.III.4 Dirección del responsable técnico del estudio 12

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 12

II.I INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 12
II.I.1 Naturaleza del proyecto 12
II.I.2 Selección del sitio 14
II.I.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización 14
II.I.4 Inversión requerida 18
II.I.5 Dimensiones del proyecto 18
II.I.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias 21
II.I.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 24
II.II CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO 26
II.II.1 Programa general de trabajo 26
II.II.1 Preparación del sitio 26
II.II.2 Construcción de obras mineras 27
II.II.3 Construcción de obras asociadas o provisionales 29
II.II.4 Etapa de operación y mantenimiento 29
II.II.5 Etapa de abandono del sitio (post-operación) 32
II.II.6 Utilización de explosivos 33
II.II.7 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera 33
II.II.8 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos 34
II.II.9 Otras fuentes de daños 35

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO 35

III.I ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS 35
III.I.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 35
III.I.2 de Ordenamiento Ecológico del Estado de México 43
III.I.4 Plan de Desarrollo Municipal de Sultepec, Estado de México 53
III.II LEYES AMBIENTALES 54
III.II.1 Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 54

III.III Normas Oficiales Mexicanas aplicables 55
III.IV Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas 56
III.IV.1 Región Terrestre Prioritaria (RTP) *56*

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 58

IV.I Delimitación del área de estudio 58
IV.II Caracterización y análisis del sistema ambiental 63
IV.II.1 Aspectos abióticos *63*
IV.II.2 Aspectos bióticos *85*
IV.II.3 Análisis de vegetación *99*
IV.II.4 Muestreo de vegetación del Sistema Ambiental *111*
IV.II.5 Muestreo de fauna en el SA *128*
IV.II.6 Paisaje *139*
IV.II.7 Características del paisaje *140*
IV.II.8 Medio Socioeconómico *151*
IV.II.9 Diagnóstico Ambiental *163*

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 168

V.I Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 169
V.I.1 Indicadores de impacto *169*
V.I.2 Lista indicativa de indicadores de impacto *180*
V.I.3 Criterios y metodología de evaluación *184*

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 191

VI.I Descripción de la medida o programa de medidas correctivas por componente ambiental 191
VI.II Impactos residuales 195

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 196

VII.I Pronóstico del escenario 196
VII.II Programa de Vigilancia Ambiental 200
VII.II.1 Objetivo del programa *200*
VII.II.2 Estrategias de supervisión en el sitio del proyecto *200*
VII.II.3 Seguimiento y monitoreo *201*
VII.III Conclusiones 205

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 205

VIII.I Planos definitivos 205
VIII.II Fotografías 211
VIII.III Lista de flora y fauna 219
VIII.IV Otros Anexos 227
VIII.V Glosario de términos 228

BIBLIOGRAFÍA 232

Figuras

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. 10
FIGURA 2. SELECCIÓN DEL SITIO. 15
FIGURA 3. PLANO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO. 16
FIGURA 4. VÍAS DE ACCESO. 17
FIGURA 5. RETÍCULA DEL ÁREA DE ESTUDIO. 20
FIGURA 6. USO DE SUELO PRESENTE EN EL ÁREA DE EXPLORACIÓN. 22
FIGURA 7. ESQUEMA DE LA PREPARACIÓN DE LA PLANILLA EN PENDIENTES. 28
FIGURA 8. PERFORADORA TIPO EDG III. 30
FIGURA 9. ESQUEMA DE BARRENACIÓN. 31
FIGURA 10. UAB 67. DEPRESIÓN DEL BALSAS. 38
FIGURA 11. UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL. 45
FIGURA 12. RTP 120. SIERRAS DE TAXCO-HUAHUTLA. 57
FIGURA 13. EJEMPLO DE ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA LA DELIMITACIÓN DE UN SISTEMA AMBIENTAL (SA) O DE UN SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR). 59
FIGURA 14. DELIMITACIÓN DEL SA MEDIANTE LOS PROCESOS DE HIDROLOGÍA DE ARCGIS PRO. 60
FIGURA 15. MAPA DE DELIMITACIÓN DEL SA. 61
FIGURA 16. IMAGEN EN 3D DEL SA. 62
FIGURA 17. CLIMA PRESENTE EN EL ÁREA DE INTERÉS. 64
FIGURA 18. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO. 70
FIGURA 19. PROVINCIAS FISIOGRÁFICAS Y GEOMORFOLOGÍA QUE INCIDEN EN EL SA. 74
FIGURA 20. SISTEMA DE TOPOFORMAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO. 76
FIGURA 21. CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE PENDIENTE DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL. 77
FIGURA 22. TIPOS DE SUELO IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 79
FIGURA 23. RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL Y ACUÍFERO QUE INCIDEN DENTRO DEL ÁREA DE INTERÉS. 83
FIGURA 24. VEGETACIÓN PRESENTE EN EL SA CONFORME A LA CARTOGRAFÍA DEL INEGI. 86
FIGURA 25. SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACIÓN EN EL SA. 112
FIGURA 26. TRANSECTOS DE MUESTREO DE FAUNA RECORRIDOS EN CAMPO. 130
FIGURA 27. EVIDENCIA DE FAUNA EN TRANSECTOS RECORRIDOS EN CAMPO. 131
FIGURA 28. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES OLFATIVAS DENTRO DEL SA. 133
FIGURA 29. LUGARES DE REGISTRO DE ESPECIES OBSERVADAS DURANTE EL MUESTREO DE CAMPO. 136
FIGURA 30. UNIDADES Y ESPECIES DE PAISAJE DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL 141
FIGURA 31. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN EN E L ÁREA DE INTERÉS. 144

FIGURA 32. MAPA DE VISIBILIDAD DEL ÁREA DE INTERÉS. 146
FIGURA 33. LOCALIDADES RURALES Y ZONA URBANA DENTRO Y EN LOS ALREDEDORES DEL SA. 152
FIGURA 34. DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS. 168
FIGURA 35. HISTOGRAMA DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA. 189
FIGURA 36. ESQUEMA DE LA DETECCIÓN, ANÁLISIS DE CAUSAS E IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES. 204

Tablas

TABLA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS PLANILLAS DE BARRENACIÓN. 13
TABLA 2. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN REQUERIDA. 18
TABLA 3. DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR. 26
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO A UTILIZAR. 30
TABLA 5. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. 34
TABLA 6. INFORMACIÓN DE FICHA TÉCNICA DE LA UAB 67. DEPRESIÓN DEL BALSAS. 37
TABLA 7. GENERALES Y PARTICULARES PARA LA UAB 67. 39
TABLA 8. VINCULACIÓN DE LA UAB 67. CON EL PROYECTO MIA LA UNIÓN. 40
TABLA 9. POLÍTICAS DE ORDENAMIENTO GENERAL PARA LAS UGA. 46
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE LA UGA-1212 Y UGA-1253. 48
TABLA 11. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA. 48
TABLA 12. VINCULACIÓN DEL PROYECTO DE ACUERDO AL PEDEM. 52
TABLA 13. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL PMD DE SULTEPEC, ESTADO DE MÉXICO. 54
TABLA 14. NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES AL PROYECTO DE EXPLORACIÓN. 56
TABLA 15. REGISTRO DE TEMPERATURAS MEDIA ANUAL, MÁXIMA Y MÍNIMA MENSUAL DENTRO DEL PERIODO DE 1991-2020 DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS OPERANDO MÁS CERCANAS DEL ÁREA DE INTERÉS. 65
TABLA 16. VALORES DE PRECIPITACIÓN (MM) MEDIA MENSUAL DEL PERIODO DE 1991-2020 DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS. 66
TABLA 17. DATOS DE LOS CICLONES TROPICALES EN UN RADIO DE 150 KM DEL ÁREA DE INTERÉS. 68
TABLA 18. LITOLOGÍA EN LAS QUE SE ENCUENTRAN LOS BARRENOS. 71
TABLA 19. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA SUBCUENCA RH18GE R. IXTAPAN. 81
TABLA 20. ESPECIES DE VEGETACIÓN CON PROBABLE INCIDENCIA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 90
TABLA 21. LA FAUNA CON PROBABLE INCIDENCIA EN EL SA. 95
TABLA 22. TIPO DE VEGETACIÓN POR PLANILLA PROGRAMADA EN EL SA. 99
TABLA 23. LOCALIZACIÓN DE LOS TRANSECTOS DONDE SE REALIZÓ MUESTREO DE VEGETACIÓN. 113
TABLA 24. COMPARATIVO DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS CINCO SITIOS DE MUESTREO. 118

TABLA 25. ESPECIES CON MAYOR PRESENCIA EN LOS SITIOS MUESTREADOS. 124
TABLA 26. TRANSECTOS DE MUESTREO DE FAUNA. 129
TABLA 27. REGISTRO DE FAUNA OBSERVADO EN CAMPO. 135
TABLA 28. FRECUENCIA RELATIVA DE LA FAUNA EN EL SA. 138
TABLA 29. POBLACIÓN TOTAL DE LAS LOCALIDADES UBICADAS DENTRO Y EN LOS ALREDEDORES DEL SA. 153
TABLA 30. DISTANCIAS DE LA POBLACIÓN AL ÁREA DEL BARRENO MÁS CERCANO. 153
TABLA 31. INFORMACIÓN DEL CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA DESDE 1990 HASTA EL 2020. 154
TABLA 32. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN LAS LOCALIDADES DENTRO Y EN LOS ALREDEDORES DEL SA. 154
TABLA 33. POBLACIÓN CON DERECHO A LOS SERVICIOS DE SALUD Y BIENESTAR. 156
TABLA 34. SERVICIOS PÚBLICOS QUE DISPONEN LAS VIVIENDAS HABITADAS DE LAS LOCALIDADES DENTRO Y EN LOS ALREDEDORES DEL SA. 157
TABLA 35. VIVIENDAS HABITADAS EN LAS LOCALIDADES CERCANAS AL SA. 157
TABLA 36. POBLACIÓN ADSCRITA A ALGÚN TIPO DE RELIGIÓN. 161
TABLA 37. SUPERFICIES DE AFECTACIÓN POR OBRA EXPLORATORIA EN VÍAS DE ACCESO A UTILIZAR. 170
TABLA 38. LISTA DE VERIFICACIÓN DE LA NOM-120-SEMARNAT-2020. 171
TABLA 39. ESPECIFICACIONES DEL APARTADO 4.1.18 DE LA NOM-120-SEMARNAT-2020. 176
TABLA 40. CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS. 177
TABLA 41. VALORACIÓN DE IMPACTOS IDENTIFICADOS. 177
TABLA 42. RANGOS ALFABÉTICOS Y NUMÉRICOS DE LA MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL (RIAM). 178
TABLA 43. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE ACUERDO AL RIAM. 179
TABLA 44. INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL. 180
TABLA 45. COMPONENTES AMBIENTALES AGRUPADOS EN CUATRO CATEGORÍAS. 187
TABLA 46. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA. 187
TABLA 47. ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN DEL PROYECTO DE EXPLORACIÓN. 192
TABLA 48. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL. 201
TABLA 49. ESPECIES DE VEGETACIÓN CON PROBABLE INCIDENCIA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 219
TABLA 50. LA FAUNA CON PROBABLE INCIDENCIA EN EL SA. 222

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. VEGETACIÓN NATURAL EN EL SA. 23
FOTOGRAFÍA 2. USO DE SUELO DE PASTIZAL INDUCIDO EN EL SA. 23
FOTOGRAFÍA 3. REGISTRO DE LA PRESENCIA DE GANADO VACUNO EN EL SA. 24
FOTOGRAFÍA 4. CONDICIONES DE LOS CAMINOS EXISTENTES QUE COMUNICAN AL SA. 25

FOTOGRAFÍA 5. CONDICIONES DE LAS VEREDAS EXISTENTES QUE COMUNICAN AL SA. 25
FOTOGRAFÍA 6. TESTIGO DE ROCA (NÚCLEO) SALIENDO DE LA TUBERÍA DE BARRENACIÓN, NÚCLEO ACOMODADO EN CAJAS PARA SER ANALIZADO. 31
FOTOGRAFÍA 7. PANORÁMICA DEL SA. 87
FOTOGRAFÍA 8. PANORÁMICA DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA Y ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO. 89
FOTOGRAFÍA 9. IMAGEN REPRESENTATIVA DE PASTIZAL INDUCIDO. 90
FOTOGRAFÍA 10. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 01. 101
FOTOGRAFÍA 11. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 02. 102
FOTOGRAFÍA 12. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 03. 102
FOTOGRAFÍA 13. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 04. 103
FOTOGRAFÍA 14. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 05. 103
FOTOGRAFÍA 15. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 06. 104
FOTOGRAFÍA 16. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 07. 104
FOTOGRAFÍA 17. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 08. 105
FOTOGRAFÍA 18. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 09. 105
FOTOGRAFÍA 19. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 10. 106
FOTOGRAFÍA 20. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 11. 106
FOTOGRAFÍA 21. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 12. 107
FOTOGRAFÍA 22. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDU – 13. 107
FOTOGRAFÍA 23. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDP – 01. 108
FOTOGRAFÍA 24. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDP – 02. 108
FOTOGRAFÍA 25. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDP - 03. 109
FOTOGRAFÍA 26. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDA – 01. 109
FOTOGRAFÍA 27. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDA – 02. 110
FOTOGRAFÍA 28. IMAGEN REPRESENTATIVA DE LA PLANILLA DEL BARRENO BDA – 03. 110
FOTOGRAFÍA 29. TRANSECTOS MARCADOS EN CAMPO. 113
FOTOGRAFÍA 30. OBSERVACIONES DIRECTAS E INDIRECTAS DE FAUNA SOBRE TRANSECTOS. 129
FOTOGRAFÍA 31. COLOCACIÓN DE CÁMARA TRAMPA. 132
FOTOGRAFÍA 32. PREPARACIÓN DEL CEBO PARA LAS ESTACIONES OLFATIVAS. 134
FOTOGRAFÍA 33. PREPARACIÓN DEL SUELO Y COLOCACIÓN DEL CEBO EN LA ESTACIÓN OLFATIVA. 134
FOTOGRAFÍA 34. VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. 142
FOTOGRAFÍA 35. PANORÁMICA DE LA VEGETACIÓN DEL SA. 143
FOTOGRAFÍA 36. PANORÁMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO. 148

Gráficas

GRÁFICA 1. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DEL PERIODO DE 1991-2020 DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS. 66
GRÁFICA 2. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN EL PERIODO DE 1991-2020. 67
GRÁFICA 3. DIVERSIDAD DE ESPECIES POR FAMILIA EN EL SA. 117
GRÁFICA 4. NÚMERO DE INDIVIDUOS Y ESPECIES PRESENTES EN EL SA. 118
GRÁFICA 5. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER. 119
GRÁFICA 6. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON. 119
GRÁFICA 7. ÍNDICES DE DIVERSIDAD EN LOS SITIOS MUESTREADOS. 120
GRÁFICA 8. ÍNDICE DE EQUIDAD DE SHANNON-WIENER. 121
GRÁFICA 9. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CON RESPECTO AL I.V.I. (LU-VEG-01). 122
GRÁFICA 10. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CON RESPECTO AL I.V.I. (LU-VEG-02). 122
GRÁFICA 11. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CON RESPECTO AL I.V.I. (LU-VEG-03). 123
GRÁFICA 12. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CON RESPECTO AL I.V.I. (LU-VEG-04). 123
GRÁFICA 13. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CON RESPECTO AL I.V.I. (LU-VEG-05). 124
GRÁFICA 14. DATOS DE EDUCACIÓN DE LAS LOCALIDADES PERTENECIENTES AL MUNICIPIO DE SULTEPEC Y TEJUPILCO. 155
GRÁFICA 15. SERVICIOS CON LOS QUE CUENTAN LAS LOCALIDADES SITUADAS DENTRO Y EN LOS ALREDEDORES DEL SA. 158

I. Datos generales del proyecto del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

I.I Proyecto

I.I.1 Nombre del proyecto

Exploración geológica en el área La Unión.

I.I.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en la porción sur del Estado de México (Figura 1), en el municipio de Sultepec a aproximadamente 3 kilómetros de su cabecera municipal. Se sitúa desde los 393,370.89 mE hasta los 396,091.12 mE, y desde los 2,082,895.25 mN hasta los 2,085,155.49 mN, a una altitud media de 1,912 msnm.

Para acceder al área de estudio se parte de Toluca, capital del Estado de México mediante la incorporación a la Carretera Federal 134 (Toluca-Ciudad Altamirano). Se cubren aproximadamente 22 km de trayectoria ascendente hasta el nodo vial de "La Puerta", donde se realiza la transición hacia la Carretera Estatal 10 en dirección a Texcaltitlán. El avance continúa a lo largo de 35 km por una zona de orografía accidentada hasta interceptar la desviación hacia la vía estatal que conduce a la localidad de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, municipio de Sultepec, recorriendo un segmento adicional de 23 km. Desde este punto, el desplazamiento se orienta hacia el noreste por el camino local que conecta la cabecera con la periferia rural, recorriendo aproximadamente 12 km adicionales hasta interceptar la localidad de Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa). El acceso final a los puntos de interés específicos se realiza mediante una red de caminos de terracería y veredas preexistentes que se internan en el relieve serrano de la demarcación. El Anexo I se presenta la ubicación del área de estudio con mayor detalle.

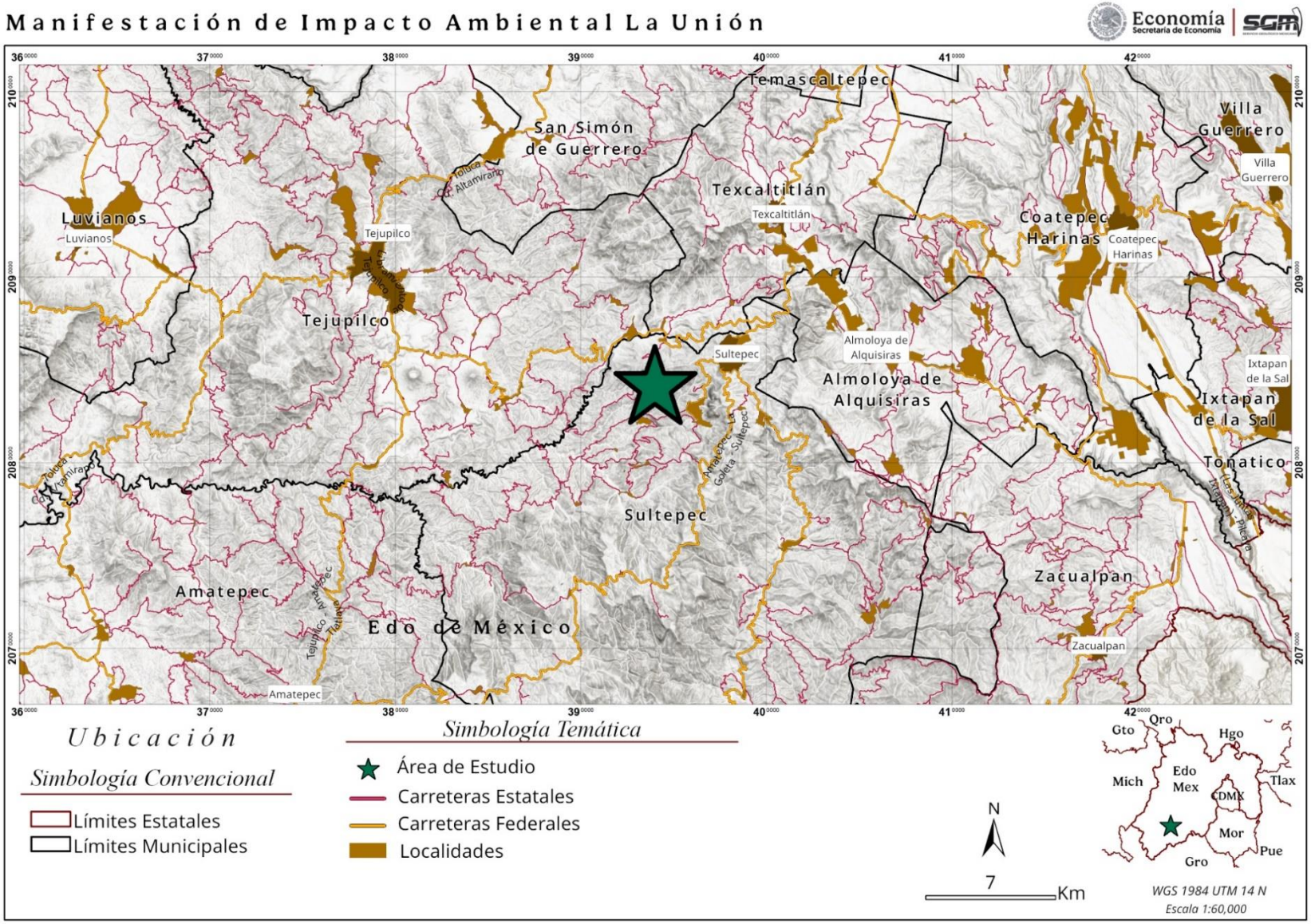


Figura 1. Localización del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a).

I.I.3 Tiempo de vida útil del proyecto

Para el desarrollo de cada una de las actividades programadas del proyecto se contempla un tiempo estimado de 18 meses, tiempo que se solicita para la autorización del presente proyecto.

I.I.4 Presentación de la documentación legal

El desarrollo de las actividades se localiza dentro del área La Unión.

I.II Promovente

I.II.1 Nombre o razón social

[redacted]

En el Anexo II se presenta copia simple del decreto por el que se constituye el Servicio Geológico Mexicano.

I.II.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

En el Anexo II se presenta copia simple del registro federal de contribuyentes del Servicio Geológico Mexicano.

I.II.3 Nombre y cargo del representante legal

[redacted]

En el Anexo II se presenta copia simple del poder notarial del representante legal del Servicio Geológico Mexicano e identificación oficial y CURP.

I.II.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

[redacted]

I.III Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

I.III.1 Nombre o razón social

[redacted]

I.III.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

[redacted]

I.III.3 Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

En el Anexo II se presenta copia simple de la identificación, CURP y cédula profesional del responsable del estudio.

I.III.4 Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

II. Descripción del proyecto

II.I Información general del proyecto

II.I.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto corresponde a una obra cuya naturaleza es estrictamente exploratoria. Se propone realizar actividades de prospección directa mediante la perforación de barrenos a diamante, con la finalidad de identificar estructuras geológicas. Esta fase inicial de exploración, enmarcada dentro de los lineamientos establecidos por la Ley de Minería y la NOM-120-SEMARNAT-2020, tiene por objetivo la caracterización litológica y mineralógica del subsuelo a través del análisis del material recuperado.

La exploración que se plantea es una actividad fundamental para la generación del conocimiento geológico, que permite identificar los compuestos minerales presentes, su composición y posible distribución en el estrato geológico. Esta etapa no implica, en sí misma, la extracción del mineral con fines comerciales.

Las actividades de barrenación se llevarán a cabo en 19 planillas distribuidas estratégicamente, cuya intervención será puntual, limitada y conforme a los criterios de mínima afectación al terreno y a la cobertura vegetal. La disposición de las perforaciones se diseñó para obtener la máxima información geológica, ubicándolas en áreas desprovistas de vegetación, minimizando la afectación en este sustrato, estrategia que permite reducir al mínimo el impacto ambiental. En la Tabla 1 se especifican las coordenadas de los puntos donde se llevarán a cabo las perforaciones.

Tabla 1. Localización de las planillas de barrenación.

No. de Planilla de barrenación	Coordenadas UTM-14N		Elevación (msnm)	Inclinación	Profundidad programada (m)
	mE	mN			
BDU-01	394789	2084171	1,906	- 65°	550
BDU-02	395005	2084577	1,986	- 55°	600
BDU-03	395250	2084762	2,010	- 75°	650
BDU-04	394690	2083460	1,754	- 55°	450
BDU-05	395117	2084058	1,874	- 55°	650
BDU-06	395507	2084579	1,956	- 75°	550
BDU-07	395198	2083688	1,768	- 60°	600
BDU-08	395595	2084299	1,919	- 75°	550
BDU-09	395314	2083357	1,710	- 70°	400
BDU-10	395501	2083618	1,730	- 65°	400
BDU-11	395815	2084007	1,794	- 70°	400
BDU-12	396028	2084292	1,854	- 70°	450
BDU-13	395374	2082947	1,806	- 70°	400
BDP-01	393384	2085141	2,076	- 75°	300
BDP-02	393528	2085011	2,044	- 70°	300
BDP-03	393710	2084919	2,015	- 80°	300
BDA-01	394158	2084253	1,938	- 60°	300
BDA-02	394326	2084207	1,974	- 65°	300
BDA-03	394594	2084140	1,953	- 65°	300
Total =					8,450

En cada una de las planillas se han previsto dimensiones máximas de 5 x 5 m, dentro de las cuales se dispondrá la maquinaria y los equipos requeridos para llevar a cabo el proceso de barrenación a diamante. Asimismo, se incluirá el equipo auxiliar necesario para la recirculación del agua y la gestión adecuada de los residuos generados durante la perforación.

Dado el contexto ecológico, geológico y social, el proyecto ha sido diseñado para cumplir con los principios de sostenibilidad ambiental, reduciendo al mínimo las alteraciones del entorno y considerando criterios técnicos y legales que aseguren su compatibilidad con el marco normativo vigente.

II.I.2 Selección del sitio

Una de las principales funciones del Servicio Geológico Mexicano, es la elaboración de cartografía geológica del país, atribución que se basa en realizar una interpretación geológica-estructural regional a través de trabajos de campo, con ayuda de información de imágenes de satélite, geofísica y muestreo geoquímico de sedimentos de arroyo; trabajos que permitieron identificar estructuras mineralizadas que varían en longitud y amplitud. Para corroborar la información y poder elaborar el modelado que represente las dimensiones de la estructura mineralizada, se requiere la perforación del macizo rocoso, por medio de la barrenación.

La ubicación de las planillas de barrenación se determina con base en criterios técnicos y ambientales, privilegiando aquellas áreas desprovistas de vegetación arbórea y en las que el acondicionamiento del terreno implique una intervención mínima al medio natural. Cabe destacar que tanto la selección de los sitios como la ejecución de las labores de barrenación se llevarán a cabo dentro de la OE Las Granadas (Figura 2), a cargo del Servicio Geológico Mexicano (Anexo II).

II.I.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

El presente proyecto de exploración se ubica al norte del municipio de Sultepec, dentro de la región sur del Estado de México y próximo a los límites de los municipios de Tejupilco, Texcaltitlán y Almoloya de Alquisiras, en la zona denominada La Unión. Para el desarrollo de la exploración se contempla el acondicionamiento de veredas y planillas, trabajos de barrenación y programa de abandono del sitio, el cual considera el sellado de barrenos, así como la implementación de medidas de prevención y/o mitigación desde el inicio hasta el fin de la exploración. En la Figura 3, se muestra el área de estudio, donde se ilustra la retícula de las planillas de barrenación, mientras que en el Anexo III se presentan las coordenadas y clave de los vértices dentro del mapa doble carta en el que se observa cada uno de ellos.

En la Figura 4 se observan las vías de acceso al área de estudio, por su parte en el Anexo IV se presenta el plano del área de estudio con la distribución de los barrenos. Cabe señalar que los caminos se encuentran en buenas condiciones, en cuanto a las veredas solo será necesario realizar acondicionamiento únicamente a 882.7 m lineales, el resto de las veredas a utilizar se encuentran en buenas condiciones por lo que no es necesario realizar alguna actividad.

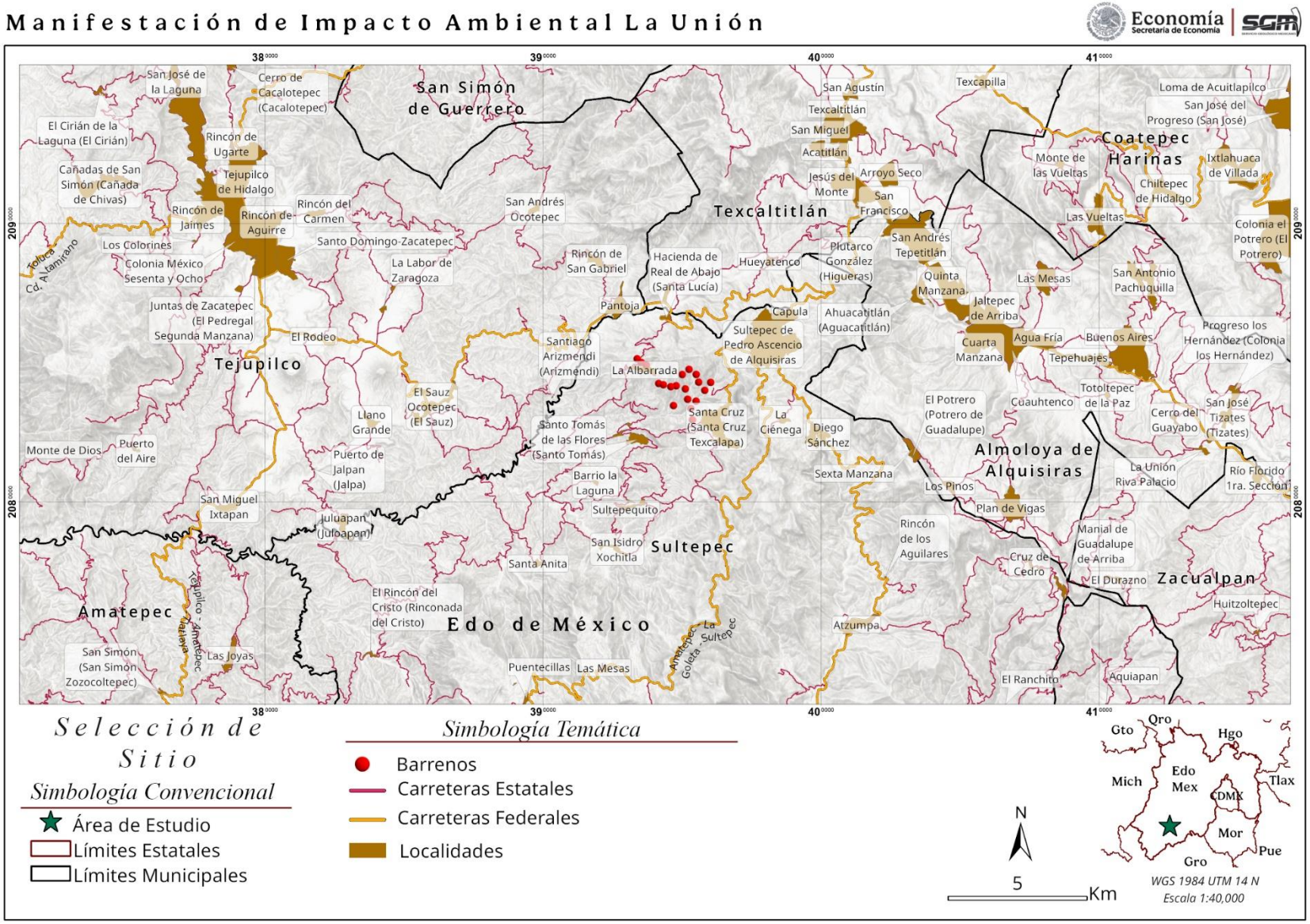


Figura 2. Selección del Sitio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a) y CartoMinMex (2025).



Figura 3. Plano Topográfico del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a).

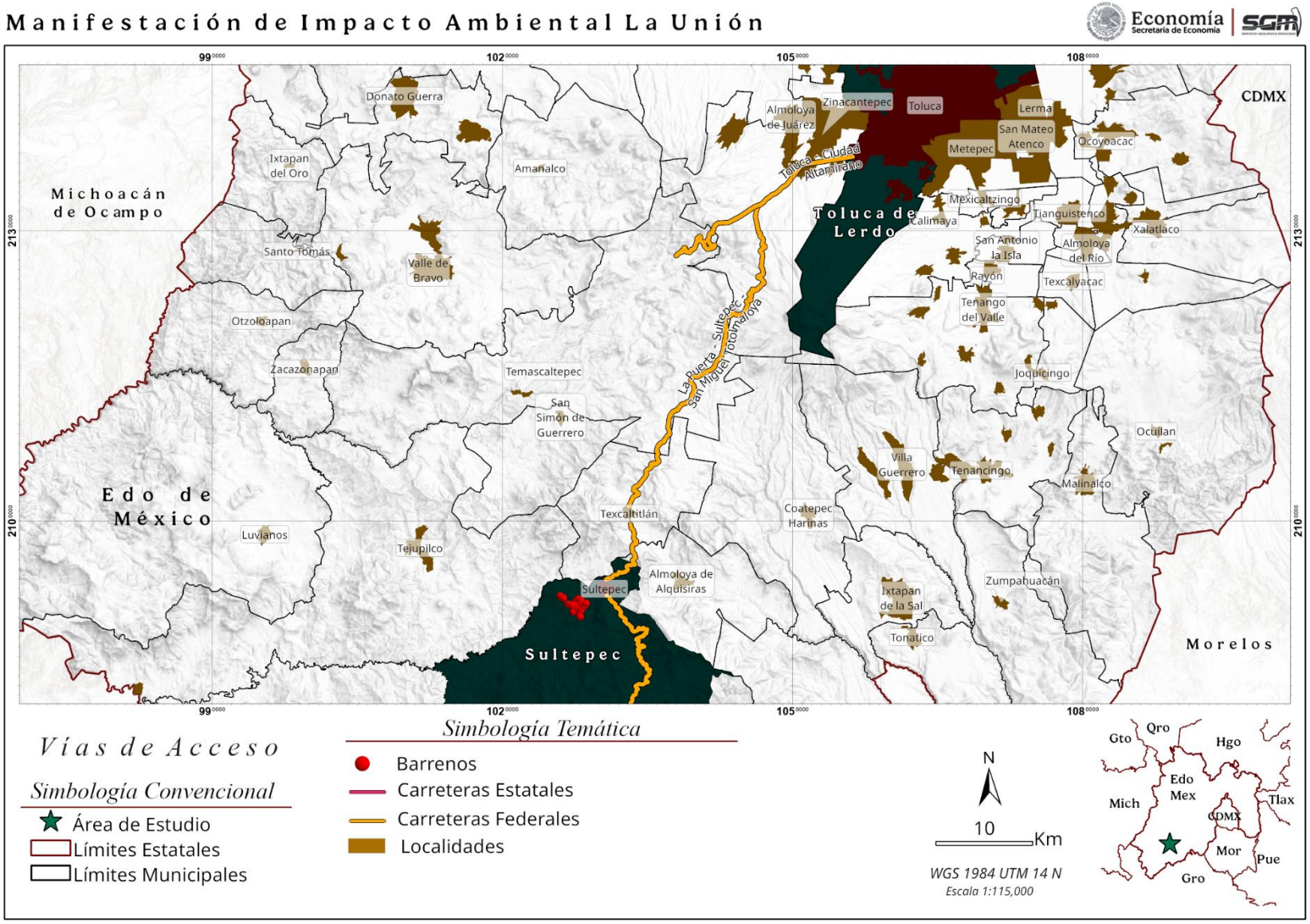


Figura 4. Vías de Acceso.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a) y SGM (2025).

II.I.4 Inversión requerida

Con respecto a las actividades programadas para la exploración en el área La Unión, se contempla iniciar con la implementación de medidas de prevención y/o mitigación, en el acondicionamiento de planillas de barrenación, trabajos de barrenación y abandono del sitio. Es importante considerar que dichos trabajos los realizará una empresa subcontratada, y para ello se realizará una licitación conforme lo establecido por la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas, en materia de contratación de obra pública; sin embargo, por experiencia en proyectos previos se conoce que el precio por metro de barrenación en el mercado ronda los $2,000 M.N., por lo tanto, al sumar las profundidades de cada barreno obtenemos un costo aproximado de $16,900,000.00 (Tabla 2).

Cabe resaltar que, la empresa subcontratada realizará todas y cada una de las actividades programadas y plasmadas en esta Manifestación de Impacto Ambiental, por lo tanto, el capital total requerido estará en función de la propuesta realizada por los participantes una vez que le sean explicadas las características del proyecto, considerando que la inversión incluye el costo de las medidas de prevención y/o mitigación que se pudieran llevar a cabo y queda asentado en el contrato para la empresa ganadora de la licitación.

Tabla 2. Estimación de la inversión requerida.

Actividades programadas	Metros de barrenación	Precio por metro de barreno	Costo
Implementación de medidas de prevención y/o mitigación	8,450	$2,000.00	$16,900,000.00
Acondicionamiento de planillas de barrenación			
Trabajos de barrenación a diamante			
Abandono del sitio			

Derivado de que el presente proyecto corresponde a la exploración directa, no se puede precisar si habrá recuperación del capital, pues al ser una fase inicial de investigación, los resultados que arroje la barrenación determinarán si el área prospectiva cumple con las condiciones para continuar con la ampliación de investigación geológica. El Servicio Geológico Mexicano tiene como misión generar y difundir el conocimiento geológico de la nación para impulsar la inversión, el empleo y el bienestar social, para ello recibe recurso público, el cual, permite llevar a cabo el desarrollo de actividades exploratorias.

II.I.5 Dimensiones del proyecto

La delimitación del área de estudio se basa en las dimensiones conforme a los criterios establecidos en la Guía de SEMARNAT (2022). En particular, se tomó como referencia el apartado 3.22 de la NOM-120-SEMARNAT-2020, que establece como unidad base de afectación los cuadrantes de 2,500 m², equivalentes a retículas de 50 x 50 m, que describe el proceso para restituir las condiciones naturales de un ecosistema afectado o degradado.

A partir de lo anterior, se elaboró una retícula de polígonos de 50 x 50 m, donde se obtuvo un polígono de 2,622 cuadros, que comprende 57 columnas y 46 filas. Por último, se seleccionaron sólo los 36 polígonos donde se planea desarrollar actividades relacionadas con el proyecto (Figura 5*)* Al multiplicar la superficie de cada polígono seleccionado, se obtiene la superficie total mencionada.

$$Área\ de\ estudio = (No.\ de\ polígonos)(área\ del\ polígono)$$

$$Área\ de\ estudio = 36(50\ x\ 50\ m)$$

$$Área\ de\ estudio = 90{,}000\ m^2$$

$$Área\ de\ estudio = (90{,}000\ m^2\ )\frac{1ha}{10{,}000\ m^2}$$

$$Área\ de\ estudio = 9\ ha$$

Como se comentó anteriormente, cada planilla ocupa un área operativa de aproximadamente 5 x 5 m (25 m²). Es decir, del total de la superficie del área de estudio, según las actividades, únicamente se contemplan realizar actividades en 475 m^2 (19 planillas por 25 m^2) y 882.7 m^2 que corresponden a veredas (1 m) de ancho por lo 882.7 m lineales de veredas. Así mismo, se menciona que para el presente proyecto no se considera la instalación de obras permanentes, ni apertura de caminos ni de veredas.

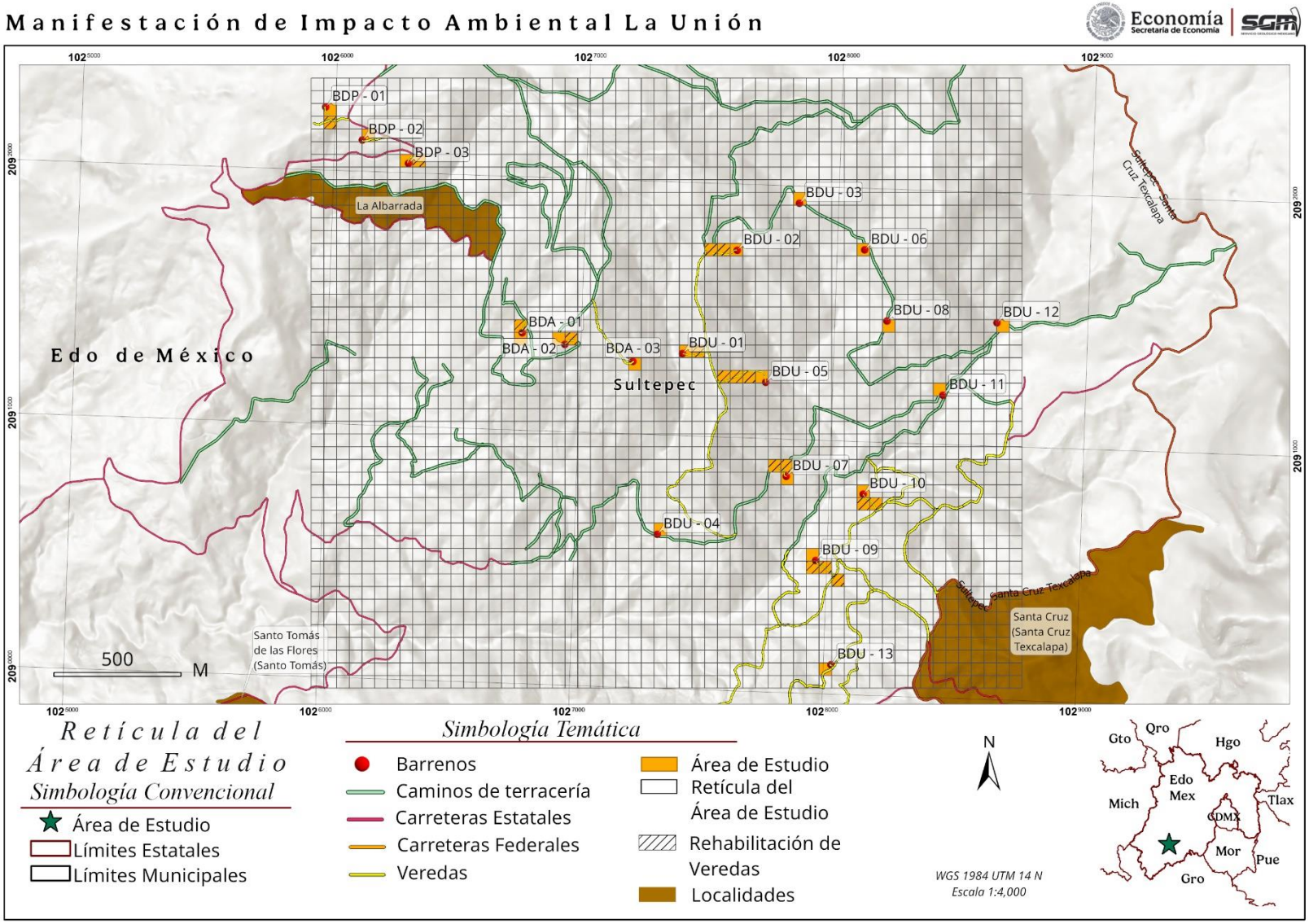


Figura 5. Retícula del Área de Estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a) y SGM (2025).

II.I.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

De acuerdo con la información vectorial de la carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VII de (INEGI, 2021b), el Sistema Ambiental (SA) en donde se llevarán a cabo las actividades, presenta un uso de suelo correspondiente a agricultura de temporal, pastizal inducido y vegetación natural (bosque de encino, bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino, y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino (Figura 6). Por consecuencia, el tipo de uso de suelo con mayor incidencia por el desarrollo del proyecto será pastizal inducido; cabe mencionar que, debido al desarrollo de actividades ganaderas, la superficie con pastizal inducido presenta un alto grado de perturbación. Es importante recalcar que, el SA no se localiza dentro, ni cerca de ningún Área Natural Protegida (ANP). Referente al SA, en el apartado IV.I delimitación del área de estudio se explica a detalle el mismo.

A continuación, se describe el tipo de uso de suelo que presenta el SA.

- **Vegetación natural**

En el SA de interés se reconocieron cinco tipos de vegetación natural: bosque de encino, bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino, y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino (INEGI, 2021b; Rzedowski (2006), en los cuales existen superficies que presentan cierto grado de perturbación debido a la ganadería extensiva y al aprovechamiento forestal maderable, consistente en su uso para leña de autoconsumo y cercado de potreros (Fotografía 1), originando zonas con vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino y bosque de encino-pino. En el apartado IV.2.2 se describe con detalle la vegetación natural identificada.

- **Pastizal Inducido**

Surge cuando es eliminada la vegetación original, este pastizal puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación (Fotografía 2); aunque también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de zonas que se incendian con frecuencia. Son de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse completamente libres de alguna influencia humana, el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar (INEGI, 2021d).

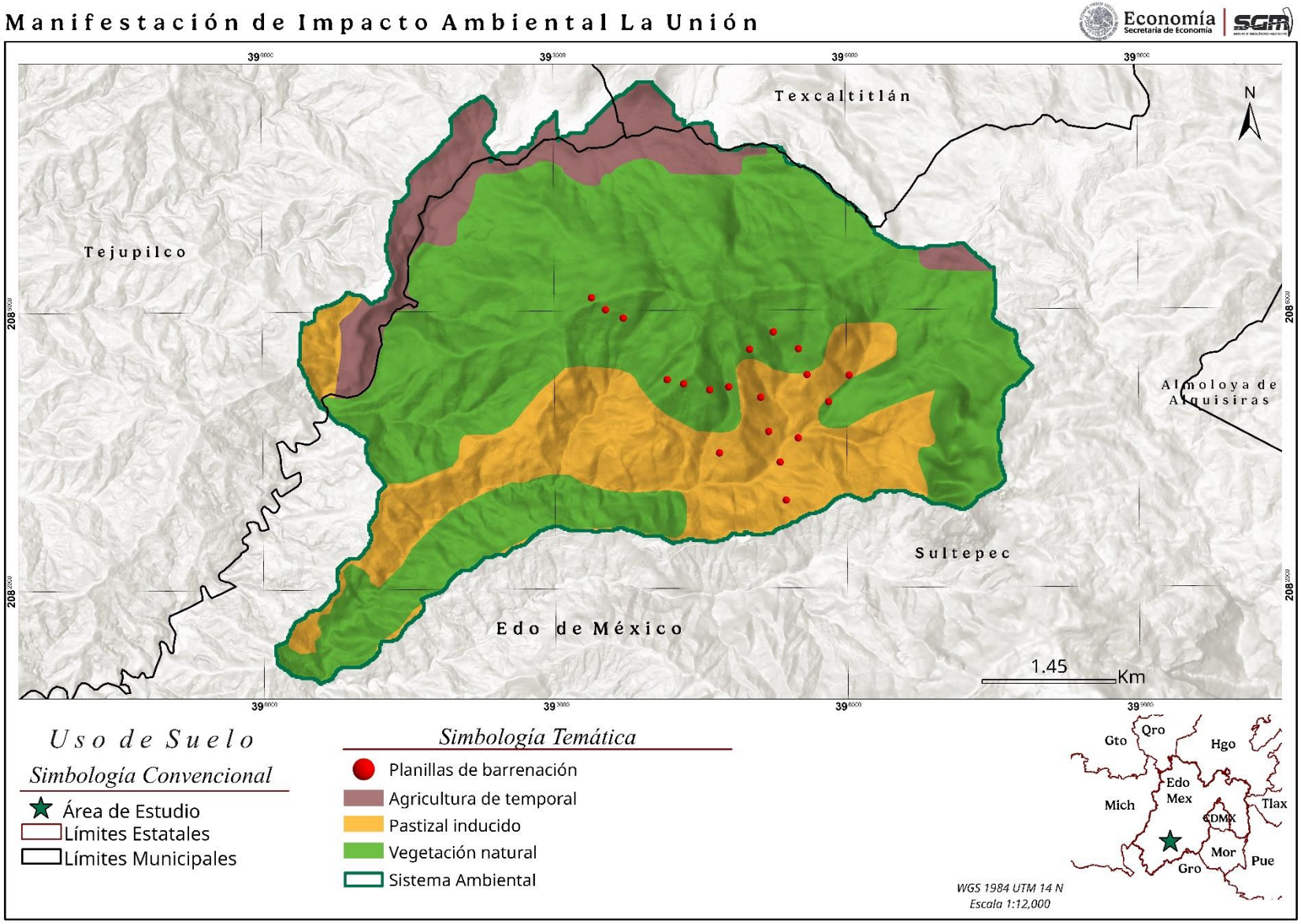


Figura 6. Uso de suelo presente en el área de exploración.
Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021b).

❖ **Agricultura de temporal**

Se refiere a aquellas áreas de producción de cultivos que son obtenidos para su utilización por el ser humano ya sea de alimentos, forrajes, ornamentos o industrial; su desarrollo tiene relación con los procesos hidrológicos, es decir, depende 100% de la lluvia como fuente de agua en forma directa o por interpretación de pequeños escurrimientos; su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua (INEGI, 2021d).

Con respecto a la distribución de los puntos de barrenación, 11 se encuentran ubicados en vegetación natural (diez en vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino, y uno en bosque de pino-encino), y los ocho restantes se ubican en superficie con pastizal inducido.

Durante los recorridos de campo, se observó que, con base en las características ecológicas y florísticas, el uso de suelo presente en el área de estudio, efectivamente corresponde a vegetación natural, es decir, se identificaron superficies con bosque de encino, bosque de pino-encino, y vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino, y bosque de encino-pino (Fotografía 1). Asimismo, se identificaron superficies de pastizal inducido (Fotografía 2). Más adelante, en el apartado IV. 2.2, los tipos de vegetación se describen a detalle.



Fotografía 1. Vegetación natural en el SA.



Fotografía 2. Uso de suelo de pastizal inducido en el SA.

De igual forma, se apreció un uso de suelo pecuario, es decir, que, dentro del SA existe infraestructura para el desarrollo de la actividad ganadera de manera extensiva (Fotografía 3). Como consecuencia de esta actividad, se identifica un alto grado de perturbación principalmente en las zonas con pastizal inducido. El pastizal inducido es una cobertura vegetal que se establece como consecuencia de actividades humanas porque se transformó el ecosistema previo, es decir, no corresponde a un ecosistema natural; por lo que, no se considera un ecosistema resiliente debido a que es resultado de una alteración. En consecuencia, la riqueza de especies en esta superficie puede verse drásticamente reducida frente a la intensidad de esta actividad.



Fotografía 3. Registro de la presencia de ganado vacuno en el SA.

II.I.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

De acuerdo con datos obtenidos del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2025a), dentro del SA se registra la presencia de ocho localidades rurales y una zona urbana. Las localidades rurales corresponden a: Santa Cruz Texcalpa, Santo Tomás de las Flores, La Unión, San Lucas, San Martín, Hacienda de Real de Abajo, y La Albarrada; Sultepec, y Pantoja; Tejupilco. La zona urbana corresponde a la localidad de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, quien a su vez es la cabecera municipal de Sultepec, Estado de México.

Los servicios de alojamiento se realizarán en la cabecera municipal de Sultepec, donde se cuenta con los insumos necesarios para el personal como son los alimentos, agua potable, y energía eléctrica.

El acceso a los sitios de exploración será por caminos de terracería (Fotografía 4) y veredas existentes (Fotografía 5), los cuales se encuentran conectados con el SA, por lo que, no se considera la apertura de caminos. En cuanto a las veredas solo se realizará un mantenimiento a 882.7 m lineales y el resto de las veredas no requieren mantenimiento, ya que se encuentran en buenas condiciones.



Fotografía 4. Condiciones de los caminos existentes que comunican al SA.



Fotografía 5. Condiciones de las veredas existentes que comunican al SA.

En cuanto a los servicios sanitarios, en el lugar del trabajo se utilizará un baño portátil para el personal que labore en los sitios, de acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la relación recomendada es de un baño portátil por cada 10 a 15 personas para obras, en el caso del proyecto, se contempla contar con un máximo de 6 trabajadores durante el desarrollo de los trabajos, por lo que con un baño portátil es suficiente para cubrir esta necesidad, dicho baño estará a cargo de la compañía responsable de la exploración minera.

El abastecimiento de agua para consumo humano se realizará mediante la adquisición de agua embotellada, y los residuos sólidos urbanos generados durante la realización de las actividades del proyecto serán concentrados en depósitos adecuados para su almacenamiento temporal, para luego ser llevados a la cabecera municipal de Sultepec y ser depositados en el sitio que el municipio tenga contemplado para su destino final.

II.II Características particulares del proyecto

II.II.1 Programa general de trabajo

De acuerdo con las actividades programadas para el desarrollo de la exploración directa, se contempla que se realicen en una sola etapa, comenzando con la implementación de las medidas de prevención y/o mitigación, posteriormente, el acondicionamiento de las planillas se realizará manualmente, para luego iniciar con los trabajos de barrenación, a la par, la empresa subcontratada estará en posición de ir abandonando las planillas, dejándolas limpias de residuos, el barreno sellado y en medida de lo posible en condiciones similares previo al desarrollo del proyecto, para esto se han contemplado 18 meses; en la Tabla 3 se presenta el programa de trabajo que se pretende llevar a cabo para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 3. Duración de las actividades a realizar.

Programa de trabajo	**Mes**																	
Actividades	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Implementación de medidas preventivas y/o de mitigación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acondicionamiento de planillas de barrenación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Trabajos de barrenación a diamante		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Etapa de abandono del sitio.										X	X	X	X	X	X	X	X	X

II.II.1 Preparación del sitio

En lo que respecta a la preparación de las planillas (BDU–01, BDU–02, BDU–03, BDU–04, BDU–05, BDU–06, BDU–07, BDU–08, BDU–09, BDU–10, BDU–12, BDU–13, BDP–01, BDA–01 y BDA-03), solo se considerará realizar la limpieza de algunos individuos herbáceos (chapoleo). Para el resto de las planillas (BDU–11, BDP–02, BDP–03 y BDA-02) no se considera la remoción de ninguna especie, esto debido a que las planillas se encuentran desprovistas de vegetación; más adelante, en el apartado de IV.II.2 Aspectos bióticos, esta información se describe con mayor detalle.

En cuanto a los trabajos de adecuación topográfica, se ejecutarán obras de nivelación y estabilización geomecánica en 14 de las 19 planillas proyectadas. Esta adecuación es estrictamente necesaria para mitigar gradientes superiores al 15% y garantizar una plataforma segura para el anclaje y operación de la maquinaria de perforación. Las 5 planillas restantes quedan exentas de

estos movimientos de tierras, ya que las verificaciones de campo confirmaron condiciones de relieve y compactación favorables, derivadas de la antropización del terreno asociada a actividades agrícolas y ganaderas preexistentes.

Como se mencionó anteriormente, se instalará un baño portátil, el cual, no requiere alguna instalación de infraestructura, este será retirado al término del proyecto, tampoco se instalará ningún almacén, comedor, ni campamento, debido a que los trabajadores se hospedarán en la cabecera municipal de Sultepec, así como la alimentación del personal.

II.II.2 Construcción de obras mineras

➢ Planillas de barrenación

Considerando que se trata de exploración directa por el método de barrenación a diamante, no existe la construcción de obras de grandes dimensiones de forma permanente.

Se realizará acondicionamiento de las planillas que presentan algunos individuos herbáceos que requieren ser chapoleados. Así mismo, se contempla la nivelación de 14 planillas; para cada planilla se estima una remoción de 3 m^3 de suelo, mismo que será depositado a favor de la pendiente para crear las condiciones de instalación de la maquinaria.

Es importante considerar que, no todas las planillas requieren la misma profundidad de excavación para su nivelación, por lo que el volumen de suelo removido es estimado, y siempre se considerará la mejor opción para evitar problemas de erosión.

Del total de las 14 planillas para acondicionar se esperaría no remover más de 42 m^3 que, permitan la instalación de la máquina de perforación, esto no debe de sobrepasar la dimensión de 5 x 5 m. Con base en lo anterior, se pretende que para las planillas con una pendiente mayor a 15°, se les realice una excavación en taludes posterior al despalme, tal como se aprecia en la Figura 7.

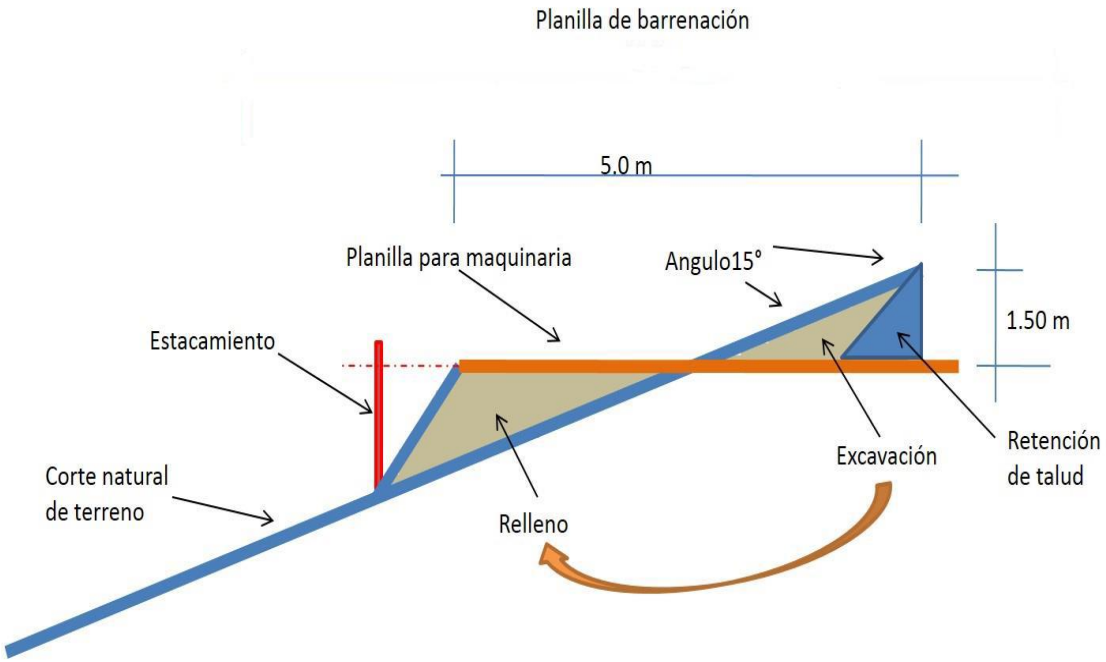


Figura 7. Esquema de la preparación de la planilla en pendientes.

Para ello, las actividades a realizar serán las siguientes:

a) Limpieza de herbáceas de la superficie de las planillas en las que se registró la presencia.

b) Acondicionamiento del área donde se asentará la maquinaria de barrenación, misma que tendrá una superficie aproximada de 3 x 3 m ubicada dentro de la planilla de barrenación.

c) Ejecución de medidas de estabilización de la superficie de la planilla, que consisten en el acomodo del material que surja a partir de la nivelación.

d) Debido a la pendiente de algunas planillas se realizará estacamiento para contener el material removido.

➢ Barrenación

Una vez acomodada la maquinaria en las planillas se procede a iniciar con los trabajos de barrenación, los cuales consisten en la perforación de diecinueve barrenos (uno por cada planilla), con diámetro no mayor de 10 cm, del cual se extrae el núcleo que contiene el corte del macizo rocoso. En total se contemplan 8,450 m lineales de perforación, resultantes de la suma de las profundidades de cada barreno (Tabla 1). Al finalizar los trabajos de barrenación en cada sitio, los barrenos serán tapados con tubo de PVC (con tapa) y sellados con una pequeña losa de cemento, como lo establece la NOM-120-SEMARNAT-2020 en el apartado 4.2.1.1.

II.II.3 Construcción de obras asociadas o provisionales

➢ Rehabilitación de vías de acceso

Los caminos de terracería existentes en la localidad de Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) conectan con el área donde se encuentran ubicadas las siguientes planillas: BDU–01, BDU–02, BDU –03, BDU–04, BDU–05, BDU–06, BDU–07, BDU–08, BDU–09, BDU–10, BDU–11, BDU–12, BDU–13, BDA–01, BDA–02 y BDA–03. Mientras que la localidad de La Albarrada conecta con las tres planillas restantes: BDP–01, BDP–02 y BDP–03. Estos caminos se encuentran en buenas condiciones, debido a que son utilizados por los habitantes de las localidades; de igual forma se ocuparán aproximadamente 5.24 km de veredas para llegar caminando a las planillas, éstas se encuentran en excelente estado, ya que, su uso es constante por el ganado y los vaqueros encargados de su cuidado. Sin embargo, de esos 5.24 km de veredas 882.7 m se le dará mantenimiento para poder mejorar tránsito.

➢ Campamento

No aplica, no se requerirá la instalación de campamento para las labores de exploración dentro del SA, ya que, los trabajadores se hospedarán en la cabecera municipal de Sultepec y lo correspondiente a la alimentación también se realizará en dicho lugar.

II.II.4 Etapa de operación y mantenimiento

La exploración se llevará a cabo a través de una empresa subcontratada por el Servicio Geológico Mexicano, misma que proveerá los núcleos del macizo rocoso para su estudio geológico. Como parte de dicho proceso de barrenación a diamante a continuación se explica la operación del equipo necesario.

El equipo de perforación será trasladado vía terrestre desde la ciudad de Toluca de Lerdo a la cabecera municipal de Sultepec, Estado de México, de ahí a las localidades más cercanas al área de estudio, las cuales corresponden a Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) y La Albarrada, posteriormente será desplazado por los caminos y veredas existentes hasta cada una de las planillas programadas.

La maquinaria de perforación recomendada para este tipo de proyectos es una máquina EGD III (Figura 8) por su practicidad y utilidad. Sus componentes son desarmables, facilitando su movilización y así realizar la movilización en un lapso corto de tiempo, también su instalación es práctica ya que, se puede realizar fácilmente en las planillas de 5 x 5 m. En la Tabla 4 se describen brevemente las características del equipo a utilizar para la barrenación.



Figura 8. Perforadora tipo EDG III.

Tabla 4. Descripción del equipo a utilizar.

Cantidad	Equipo	Características
2	Camioneta	Tipo Pick Up para traslado de personal y equipo.
1	Camioneta	Equipada con piletas para transportar 1,000 litros de capacidad de carga de agua.
1	Motobomba	10 HP y 3000 RPM.
1	Perforadora EGD móvil	Útil en programas de exploración en sitios de difícil acceso, de fácil transportación a través de veredas, la principal característica de la perforadora es que se puede desarmar en aproximadamente dos horas y su movilización puede hacerse en un corto lapso de tiempo, puede ser instalada en un espacio de 3 x 3 m. Componentes principales. ✓ Peso total de 1,245 Kg. ✓ Componente más pesado 188 Kg. ✓ Motor de 3 unidades de 180 kg, con opciones de perforación que van desde motores a gasolina de 96 Hp hasta motores diésel de 168 Hp. ✓ Diámetro del núcleo HQ de 10 cm interior.

El tipo de perforación a realizar será mediante barrenación a diamante, de donde se obtiene un testigo de roca (núcleo) de la profundidad de interés (Fotografía 6), que posteriormente será analizado en laboratorio para determinar los grupos mineralógicos, así como la presencia de minerales.



Fotografía 6. Testigo de roca (núcleo) saliendo de la tubería de barrenación, núcleo acomodado en cajas para ser analizado.

La barrenación a diamante se compone de un equipo rotacional y longitudinal que impulsa a una sarta de barras huecas de acero, que lleva en la punta de la tubería una broca compuesta por una corona impregnada de diamante, la cual, mediante la rotación y la presión de la máquina actúan como cortador al estrato rocoso a medida que avance así irá obteniendo el testigo o muestra (núcleo), para mayor referencia en la Figura 9 se muestra el esquema del sistema. Este sistema de barrenación es capaz de hacer barrenos en diferentes inclinaciones y direcciones.

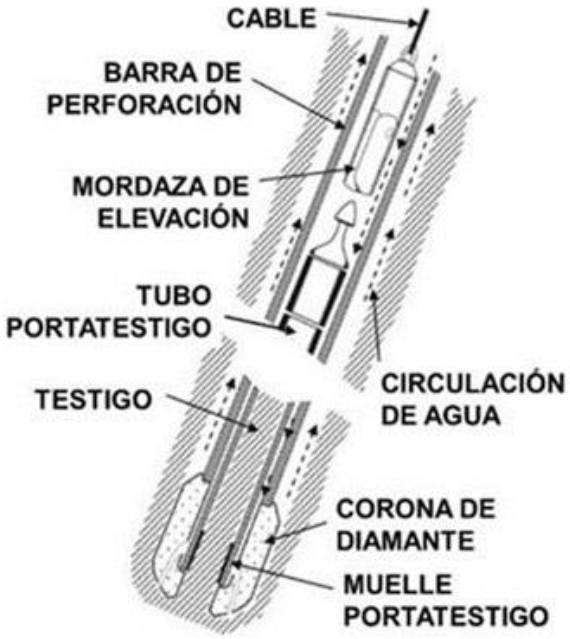


Figura 9. Esquema de barrenación.

Es importante señalar que para realizar la perforación no se prevé utilizar sustancias que afecten al medio ambiente, solo se utilizan como medida de apoyo tres materiales mezclados con agua, una grasa lubricante para eliminar la vibración en la barra (Linseed Soap), una mezcla de polímeros a base de celulosa que se utiliza para estabilizar las paredes de la perforación (Ezee-Trol), y un polímero granular que incrementa la recuperación de muestras (CR-650). Ninguna de las sustancias anteriormente mencionadas provocará algún riesgo al medio ambiente, debido a sus características biodegradables.

El agua mezclada con los materiales anteriormente señalados, será bombeada por el interior de la sarta de perforación (componentes metálicos armados que conforman la tubería de perforación), hasta alcanzar la corona de diamante, saliendo por el espacio anular entre la sarta de perforación y la roca (Figura 9). En superficie, el agua que retorna será recogida en un tanque donde se decantará para eliminar el contenido de finos en suspensión, procedentes de los residuos de perforación, para posteriormente recircularla, es importante mencionar que para cada barreno se utiliza aproximadamente 2 m^3 de agua de la cual se recupera el 70% de esta y es utilizada para el siguiente barreno, siendo necesario reabastecer un 30% que se quedan con los lodos finos. Se estima que durante la ejecución del proyecto se utilizará un estimado de 13 m^3 de agua.

El agua que se utilizará en la barrenación será transportada desde las localidades más cercanas (Santa Cruz [Santa Cruz Texcalapa]) en piletas de 1,000 litros, hasta donde los caminos lo permitan, posteriormente será bombeada hasta cada una de las planillas.

A la maquinaria utilizada para los trabajos de barrenación se le realizarán los servicios de mantenimiento preventivo *in situ,* los cuales consisten en cambio de aceite, en cuanto a reparaciones mayores no se contemplan, salvo de alguna eventualidad fortuita de daño en piezas menores, como daños en las mangueras, por lo que se tendrán los cuidados necesarios en el manejo de sustancias que pudieran impactar el medio ambiente.

Considerando que desde un inicio se realizará el acondicionamiento de las áreas a utilizar (planillas), no se contempla la implementación de control de vegetación, referente al control de fauna, esta se verá ahuyentada a causa del ruido generado por la maquinaria de barrenación, por lo que no será necesario realizar una actividad de ahuyentamiento, ya que el ruido fungirá como ahuyentador de fauna.

II.II.5 Etapa de abandono del sitio (post-operación)

Al término del proyecto no se contempla post-operación, para esta etapa y con la finalidad de cumplir con las especificaciones de la NOM-120-SEMARNAT-2020 para exploración, se realizará el sellado de los barrenos, lo cual consiste en colocar en cada boca de barreno un tubo de PVC (con tapa), para posteriormente colocar una pequeña losa de concreto, identificándolos con su clave correspondiente y la ejecución de la limpieza de las áreas de trabajo.

En cuanto a las medidas de revegetación, se espera que la vegetación pionera se densifique en aquellas áreas que fueron acondicionadas. Es importante mencionar que, el área de estudio presenta perturbación por la actividad ganadera, por lo que la revegetación natural se llevará a cabo siempre y cuando esta actividad sea moderada. En el caso de no lograrse la dinámica de renovación natural esperada en relación a las condiciones del terreno, se propone realizar la propagación vegetativa de nopal (*Opuntia* spp.), ya que existen zonas de bosque de encino, bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino, y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino.

En lo que respecta a las veredas, estas no serán inhabilitadas debido a que son utilizadas por los pobladores de los ranchos con el objetivo de cuidar el ganado; manteniendo presente que estas ya existían antes de iniciar el proyecto, únicamente se le realizará mantenimiento a los 882.7 m de veredas ya mencionadas, no hay apertura de veredas nuevas. Una vez concluido el programa de barrenación, se procederá a quitar la señalización de las actividades de exploración.

II.II.6 Utilización de explosivos

No aplica, para el desarrollo de las obras programadas no se contempla la utilización de explosivos.

II.II.7 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Derivado de las obras de barrenación se contempla la generación de lodos de perforación (concentración de material del estrato rocoso y agua con aditivos biodegradables), mismos que serán vertidos en las inmediaciones de tal forma que se reincorporen al entorno, también se prevé la emisión de gases a la atmósfera producto de la combustión de la maquinaria, sin embargo, estos gases se consideran poco significativos, toda vez la capacidad de carga para el ecosistema no representa daño.

En lo referente al ruido emitido durante los trabajos de barrenación, estos dependerán de la maquinaria a utilizar por la empresa subcontratada, sin embargo, se espera que el ruido favorezca el ahuyentamiento de fauna local temporalmente, y con ello evitar que se acerquen a las planillas y pudieran sufrir algún accidente.

Para las actividades de mantenimiento de los vehículos a utilizar en el proyecto y debido a la ubicación del estudio no se ha considerado la instalación de un sitio para el mantenimiento y reparación de vehículos, por lo tanto, no habrá generación de residuos peligrosos (como aceites, grasas y lubricantes gastados a base de petróleo), esta actividad se efectuará en un taller mecánico en la cabecera municipal.

En cuanto a la emisión de gases a la atmósfera producto de la combustión de los vehículos se considera mínima ya que, estos serán utilizados para movilizar al personal, sin embargo, las distancias de recorrido son mínimas debido a la cercanía de las áreas de trabajo.

Al equipo de barrenación se le realizarán servicios de mantenimiento preventivo *in situ*, el cual, consiste en cambio de aceite, teniendo la previsión de no derramar aceites o combustible en el suelo, fuera o dentro del área de estudio; en caso que ocurriera un incidente así, se realizará su recolección de manera inmediata y se almacenarán estos residuos en un lugar aislado y seguro de manera temporal, en recipientes cerrados debidamente identificados para su posterior transportación y disposición final, esto con el propósito de cumplir las normas ambientales vigentes. Por lo anterior y con la aplicación de las buenas prácticas de operación, así como el empleo de medidas preventivas y mitigación, se mantendrá la funcionalidad del medio.

II.II.8 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Con relación a los residuos sólidos urbanos (RSU) generados por el personal que laborará en el proyecto, por medio del consumo de alimentos se estima que se generen de 0.5 a 1 kg/obrero/día (Tabla 5), mismos que serán recolectados y almacenados temporalmente con el propósito de que se evite su dispersión dentro del SA, posteriormente, serán trasladados al sitio de disposición final autorizado por el municipio de Sultepec; será responsabilidad del supervisor de la barrenación constatar que se cumpla dicha actividad. Así mismo, en la impartición del taller de educación ambiental se capacitará al personal para que realice el manejo adecuado de los mismos.

Tabla 5. Generación, manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos.

Residuos sólidos urbanos			
Etapa	Generación	Manejo	Disposición
Preparación del sitio, operación - mantenimiento y abandono.	Residuos sólidos urbanos, 0.5 kg – 1 kg/ persona.	Almacenamiento en bolsas para evitar dispersión	Centro de disposición final autorizado por el municipio de Sultepec

Durante la realización de los trabajos de barrenación, se tomará como medida necesaria la instalación de sanitarios portátiles para el uso del personal, con la finalidad de impedir la contaminación por este tipo de desechos. La empresa subcontratada será la responsable de la instalación y manejo de los sanitarios que deberán estar en apego a la normatividad ambiental vigente.

Debido a que no se generarán residuos de manejo especial, ni residuos peligrosos en el sitio, no se propone infraestructura alguna o actividad para la disposición de estos.

II.II.9 Otras fuentes de daños

No aplica. Debido a las consideraciones contempladas para la realización del presente proyecto concerniente a la exploración directa, no se identifican otras fuentes de daños que pudieran generar contaminación radioactiva, térmica o luminosa.

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación de uso de suelo

III.I Ordenamientos Ecológicos

III.I.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) publicó el 07 de septiembre de 2012 en el Diario Oficial de la Federación El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Funge como el instrumento rector de políticas públicas, sustentado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico.

Es de observancia obligatoria para la Administración Pública Federal (APF) y tiene como objetivo establecer las bases para que las dependencias y entidades de la APF formulen y establezcan sus programas sectoriales considerando la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos asociados a peligros naturales y la conservación del patrimonio natural.

El POEGT es una herramienta de gestión ambiental que contiene las regionalizaciones ecológicas del territorio nacional, compuestas en unidades ambientales biofísicas (UAB), las cuales se definen a partir de condiciones similares, asociadas a estrategias ecológicas que implementan la asignación de lineamientos y políticas ambientales que prevén la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

- **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 del proceso de elaboración del Ordenamiento Ecológico, para la construcción del POEGT.

Lineamientos y Estrategias Ecológicas

Muestran el estado deseable de una región ecológica o Unidad Ambiental Biofísica (UAB), se instrumentan a través de directrices generales que, en el rubro ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

En este contexto, 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 Intersecretarial.

Las estrategias se implementarán a partir de acciones que cada sector en coordinación con otros sectores deberá realizar con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo Intersecretarial para cumplir 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.

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.

5. 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.

6. 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.

7. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.

8. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.

9. Incorporar al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.

10. 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 donde se realizará el proyecto La Unión se ubica en el municipio de Sultepec, Estado de México; forma parte de la Región Ecológica 18.19, que la compone la Unidad Biofísica Ambiental **67. Depresión del Balsas** localizada en el Estado de México al noreste del estado de Guerrero y este del estado de Michoacán (Tabla 6; Figura 10), de acuerdo con las características de la UAB, esta región presenta déficit de agua superficial y subterránea, las sectores rectores del desarrollo son forestales y minería; además su política ambiental es de restauración y aprovechamiento sustentable y el uso de suelo es de otro tipo de vegetación, forestal y pecuario, las estrategias generales y particulares se detallan a continuación.

Tabla 6. Información de ficha técnica de la UAB 67. Depresión del Balsas.

UAB	Nombre de la UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Nivel de Atención Prioritaria	Estrategias sectoriales
67	Depresión del Balsas	Minería-Preservación de Flora y Fauna	Forestal	Industria	Industria	Muy baja	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, **15, 15 BIS**, 16, 17, 27, 28, 29, 31, 33, 37, 42, 43, 44

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT (2012).

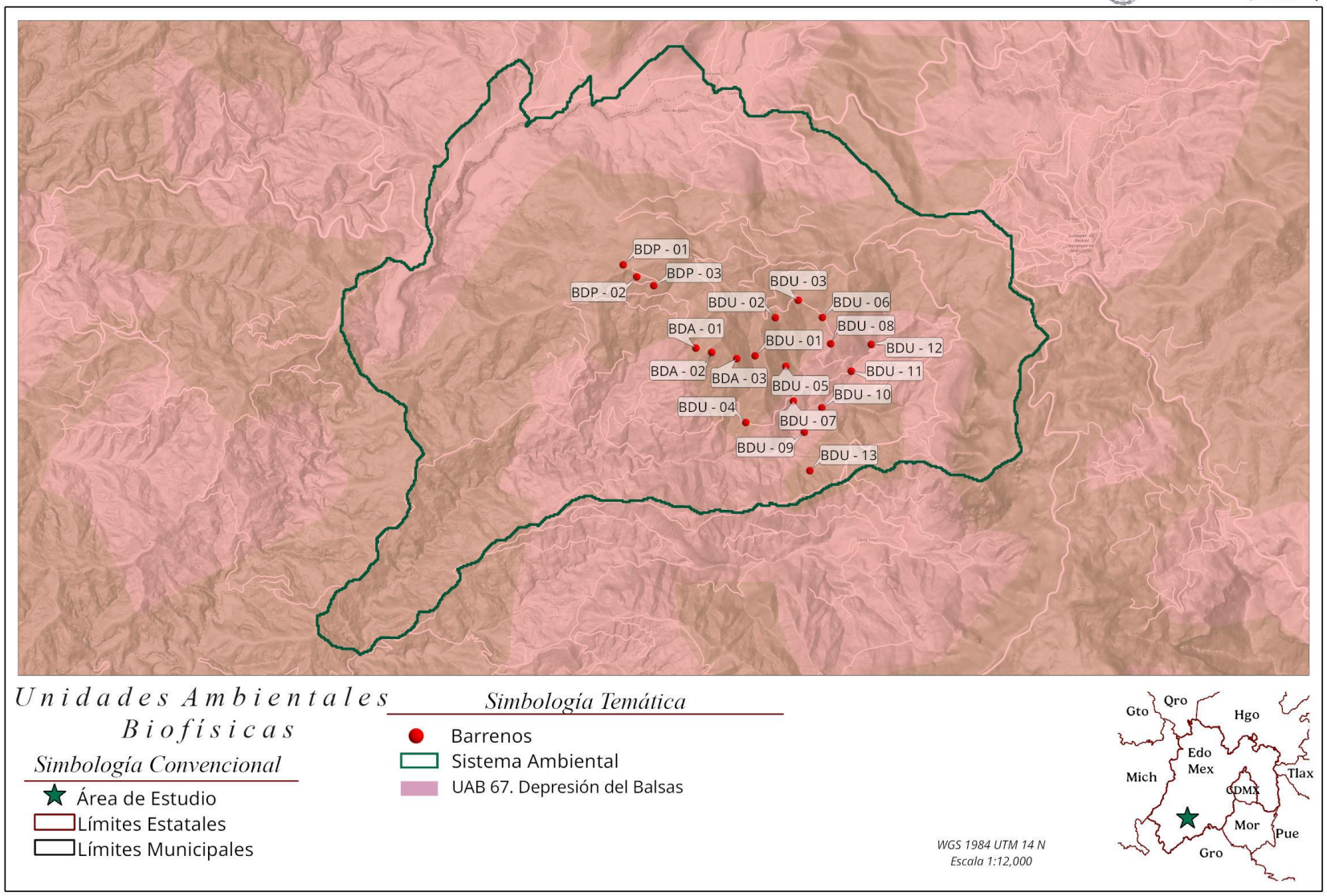


Figura 10. UAB 67. Depresión del Balsas.
Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2012).

En la UAB antes mencionada, los sectores rectores del desarrollo son Minería y Forestal; además, su política ambiental es de aprovechamiento sustentable; las estrategias generales y particulares se detallan a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Generales y particulares para la UAB 67.

Estrategia general	Estrategia particular
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio	
A) Preservación	**1.** Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.
	2. Recuperación de especies en riesgo.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
B) Aprovechamiento sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.
	8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los recursos naturales	**12**. Protección de los ecosistemas
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes
D) Restauración	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.**
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
C) Agua y Saneamiento	**27.** Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	**30.** Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.
E) Desarrollo Social	**33.** Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.
	34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.
	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.

Estrategia general	Estrategia particular
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.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	**43.** Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.
	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.

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT (2012).

A continuación, se estipulan las estrategias que se proponen e instaurarán para dar cumplimiento con los lineamientos ecológicos, así como objetivos específicos que persigue el programa, además, se realiza la vinculación jurídica de los criterios ecológicos relacionados con la presenta Manifestación de Impacto Ambiental (Tabla 8).

Tabla 8. Vinculación de la UAB 67. con el proyecto MIA La Unión.

Estrategias	Objetivos específicos	Vinculación
A) Preservación	**1.** Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	Este criterio se vincula con el presente proyecto, por lo cual se propone un conjunto de medidas de mitigación con la finalidad de compensar los impactos ambientales que se generen.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	Se presentarán los puntos elementales sobre la Ley General de Vida Silvestre, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y NOM-059-SEMARNAT-2010, para dar cumplimiento se realizará el ahuyentamiento de fauna silvestre, en el caso de que fuera necesario se realizaría un programa especial de reubicación, sin embargo, por las condiciones perturbadas del área, la población de fauna silvestre de lento desplazamiento es muy escasa. Lo referente a vegetación no se tiene identificada ninguna especie en protección y que requiera se reubicada.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	El presente estudio incluye datos acerca de la composición, estructura y diversidad de la vegetación y fauna silvestre imperante dentro del Sistema Ambiental regional (SA) y área del proyecto (AP), Abonando al conocimiento sobre sistemas de biodiversidad. Además, se realizará un monitoreo de biodiversidad.
B) Aprovechamiento sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El proyecto no pretende hacer aprovechamiento de especies de flora ni de fauna, debido a que se centra en la generación de conocimiento geológico. Los

Estrategias	Objetivos específicos	Vinculación
		ecosistemas presentes se encuentran ampliamente distribuidos en toda la región del SA. Cabe señalar que en caso de ser necesario y en aquellas planillas que lo necesiten se realizará una actividad de reforestación de individuos nativos del área.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	**No aplica**, el proyecto es de naturaleza de exploración por lo que no interviene con la agricultura y en los que respecta en lo pecuario, por las dimisiones del proyecto esta no se verá afectada.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	**No aplica**, la naturaleza del proyecto es de exploración, sin embargo, en caso de visualizar infraestructura no se perturbará su funcionalidad.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	**No aplica**, debido a la naturaleza del proyecto no contempla el aprovechamiento de los recursos forestales, este se desarrollará en áreas donde la vegetación es casi nula.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	**No aplica**, debido a la naturaleza del proyecto no se contempla la explotación de los servicios ambientales que brinda el área.
C) Protección de los recursos naturales	**12.** Protección de los ecosistemas.	Se contemplan medidas preventivas de mitigación y compensación de ecosistemas, esto debido a las dimensiones del proyecto, lo que no afecta los recursos naturales en el área.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	**No aplica,** esta acción no aplica para el desarrollo del proyecto debido a que se realizarán obras únicamente de muestreo rocoso.
D) Restauración	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Debido a las dimensiones del proyecto no se contempla una restauración del ecosistema, se contemplan medidas de protección, reducción y mitigación de los posibles impactos que se puedan ocasionar por las actividades de barrenación únicamente en las planillas de barrenación.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	De acuerdo con el promovente, el objetivo del proyecto es generar información geológica. Cabe señalar, que el proyecto se alineará en todo momento a las regulaciones previstas, en este contexto, la realización del proyecto también pretende incentivar el desarrollo social y económico de la región, alentando el uso sustentable de recursos de forma que se respete la funcionalidad del

Estrategias	Objetivos específicos	Vinculación
		mismo y la capacidad del territorio para sustentar las actividades previstas.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	El proyecto comprende actividades de muestreo geológico, por lo que, para el desarrollo del mismo, el promovente se apegará a normatividad y legislación ambiental en todo momento.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		**Vinculación**
C) Agua y Saneamiento	**27.** Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	**No es aplicable** al proyecto, debido a que no le compete al promovente.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	**30.** Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.	**No aplica**, ya que no corresponde el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas al proyecto.
E) Desarrollo Social	**33.** Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	**No es aplicable** al proyecto, sin embargo, se contribuye con la contratación de mano de obra local.
	34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.	Desde el principio del proyecto se contempla contratar mano de obra local, con la finalidad de beneficiar económicamente a las poblaciones cercanas al proyecto.
	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	**No es aplicable** al proyecto, debido a que no le compete al promovente.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	**No es aplicable** al proyecto, sin embargo, se contribuye con la contratación de mano de obra local.
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	El proyecto contempla la contratación de mano de obra local, con la finalidad de beneficiar económicamente a las poblaciones cercanas al proyecto.
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	Desde el principio del proyecto se contempla contratar mano de obra local, con la finalidad de beneficiar económicamente a las poblaciones cercanas al proyecto.
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de	No es aplicable al proyecto, debido a que no le compete al promovente.

Estrategias	Objetivos específicos	Vinculación
	oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	**No es aplicable** al proyecto, debido a que no le compete al promovente.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		**Vinculación**
A) Marco Jurídico	**42.** Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El promovente no puede realizar actividades sin previo consentimiento de los propietarios de las tierras, respetando en estricto apego a la normatividad los derechos de la propiedad.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	**43.** Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	No aplica, el proyecto no se alinea a lo relacionado este aparado de mejora, fortalecimiento y gestión de proyectos productivos.
	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.	Para el desarrollo del proyecto se consideró lo descrito en el OE estatal, regional o municipal, en lo que corresponde al proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

La planificación ecológica que se encuentra enlistada, es la adecuada para implementarse en la **UAB 67. Depresión del Balsas.** Estas acciones se enfocan en el cumplimiento de la sustentabilidad ambiental, mejoramiento en ámbitos del sistema social e infraestructura urbana, consolidando la gestión y la coordinación institucional. Por tener aplicación en el ámbito minero se enfatizan las estrategias 15 y 15 bis. Con base en la información se afirma que el proyecto es compatible con las estrategias y lineamientos que estipula la UAB, la cual menciona a la minería como un sector coadyuvante en el desarrollo de la zona, de manera subsecuente se analizaran a detalle las acciones de prevención, así como de actividades de mitigación y compensación para reafirmar que el proyecto no propiciará afectaciones adicionales al medio ambiente.

III.I.2 de Ordenamiento Ecológico del Estado de México

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), se aprobó el 4 de junio de 1999, fue publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México. Se considera una de las primeras entidades en contar con un instrumento de política ambiental que, desde la perspectiva de desarrollo sustentable orienta al uso de suelo, actividades productivas y desarrollo sustentable en el territorio estatal.

El Estado se dividió en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), el ordenamiento definió para cada una de ellas objetivos territoriales, políticas ambientales de protección, conservación, restauración y aprovechamiento sustentable, compatibilidad de uso de suelo, estrategias acciones y programas para alcanzar una imagen objetivo consensuada entre los diferentes actores sociales del Estado. De acuerdo a recomendaciones normativas, los criterios de regulación ecológica fueron formulados para encausar el aprovechamiento racional y sostenido de recursos naturales y al mismo tiempo evitar prácticas inadecuadas en el manejo de recursos naturales. La actualización del POETEM, (2023) cumple con la necesidad de armonizar y alinear de manera concurrente varios instrumentos de planeación territorial, tales como: 1) Áreas Naturales Protegidas, 2) Programas de Desarrollo Urbano Municipales, y 3) Programas de Ordenamiento Ecológico Locales.

Con base en lo anterior, mientras que, la regionalización ecológica sectorial comprende unidades territoriales integradas a partir de los principales medios biofísicos, principio que dio pauta a la creación de las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), descritas en el capítulo anterior; las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) están contempladas en Programas de Ordenamiento Regionales y Locales. Las UGA muestran un patrón de ocupación territorial o distribución de actividades económicas y productivas que maximizan el consenso y minimizan los conflictos ambientales. Una UGA es la unidad mínima del área de ordenamiento ecológico a la que se le asignan lineamientos y estrategias ecológicas.

➢ Unidades de Gestión Ambiental

De acuerdo a lo descrito previamente, las áreas homogéneas fueron el resultado de una zonificación obtenida con base en sistemas de topoformas, el nivel más detallado del enfoque fisiográfico a escala 1: 250 000, con 1,780 UGAS. El área de interés se encuentra dentro de las **UGA-1212** y **UGA-1253**, las cuales presentan políticas de conservación y aprovechamiento sustentable-restauración (Figura 11).

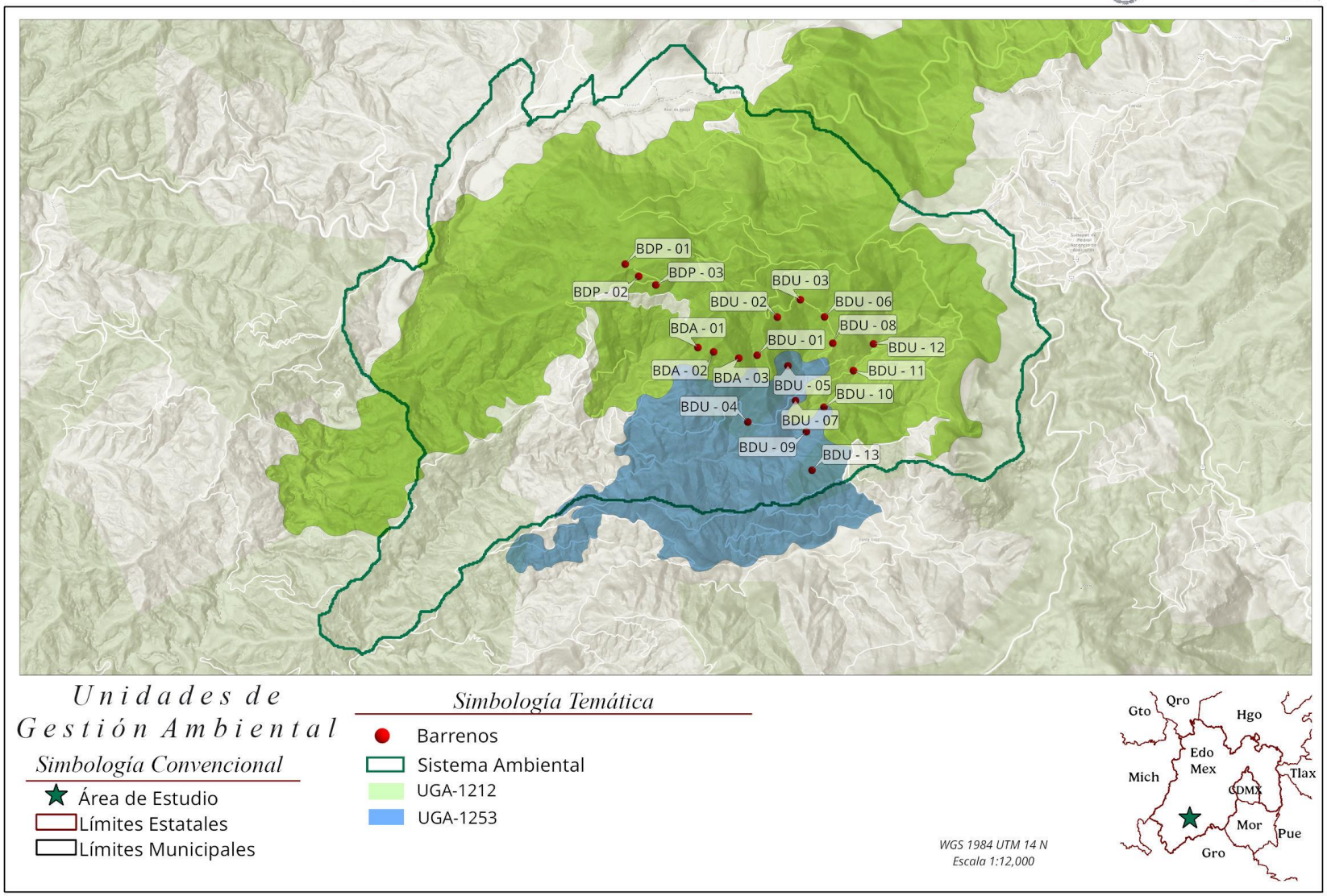


Figura 11. Unidades de gestión ambiental.
Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2012).

En este contexto, las políticas de ordenamiento general, constituyen el marco general para la ocupación del territorio, la cual debe considerar la diversidad de problemáticas o conflictos, así como las potencialidades y necesidades de cada unidad territorial, que permitan dirigir el desarrollo de la misma hacia la imagen objetivo deseada mejorando la calidad de vida de su población, sus principales características se describen en la Tabla 9.

Tabla 9. Políticas de ordenamiento general para las UGA.

5.4.1 Políticas de Ordenamiento General	
5.4.1.1 Protección	Se asigna a las áreas con presencia de flora y fauna relevante, dadas sus características, como la biodiversidad, los bienes y servicios ambientales, el tipo de vegetación o la presencia de especies con algún status en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para lograr dicha salvaguarda, el aprovechamiento deber ser controlado, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.
5.4.1.2 Conservación	Política dirigida a aquellas áreas o elementos naturales cuyos usos actuales o propuestos no interfieren con su función ecológica relevante. Esta política tiene como objetivo mantener la continuidad de las estructuras, los procesos y los servicios ambientales, relacionados con la protección de elementos ecológicos y de usos productivos estratégicos.
5.4.1.3 Restauración	Política aplicada en áreas con procesos de deterioro ambiental acelerado, en las cuales es necesaria la realización de un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. La restauración puede ser dirigida a la recuperación de tierras que dejan de ser productivas por su deterioro o al restablecimiento de su funcionalidad para un aprovechamiento sustentable futuro. En la regulación, inducción y fomento de las actividades de los sectores en el área a ordenar, se considerarán aquellas políticas sectoriales que establezca el marco jurídico respectivo de manera congruente con las políticas ambientales.
5.4.1.4 Aprovechamiento sustentable	Política asignada a aquellas zonas que por sus características son aptas para el uso y manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y que no impacte negativamente sobre el ambiente. Incluye las áreas con elevada aptitud actual o potencial para varias actividades productivas, se propone además que el uso y aprovechamiento actual se reoriente a la diversificación de actividades de modo que se registre el menor impacto negativo al medio ambiente.
5.4.1.5 Zona Urbana y Urbanizable	Conforme al Plan Estatal de Desarrollo Urbano, se tienen identificadas áreas en donde ocurre el proceso de urbanización y consolidación de las áreas urbanas actuales. Esta condición permite definir límites claros respecto del Desarrollo Urbano, en tanto que se reconoce en el presente POETEM que existen en el interior de dichas áreas recursos naturales que requieren ser identificados, valorados y administrados en un contexto de Planeación Territorial eminentemente Urbano, pero con obligación de garantizar la sustentabilidad y un medio ambiente sano a la población asentada. Se trata por tanto de áreas responden a las disposiciones jurídicas para planear y regular el ordenamiento de los asentamientos humanos en el territorio municipal. Como la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, que tienen como objeto, establecer las políticas, estrategias y objetivos para el desarrollo urbano del territorio municipal, mediante la determinación de la zonificación, los destinos y las normas de uso y aprovechamiento del suelo, así como las acciones de conservación, mejoramiento y crecimiento en los centros de población.

5.4.1 Políticas de Ordenamiento General

5.4.2.1 Política de aprovechamiento restauración	Esta política se aplica a las UGA donde existen áreas en aprovechamiento, en medio de las cuales se encuentran fragmentos de vegetación de bosque o matorral perturbados o actividades agropecuarias desarrollándose en predios con vocación forestal. Debido a la elevada erosión potencial y a menudo a la baja rentabilidad de la agricultura, es conveniente restaurar aquellas UGA que cuenten con esta política, principalmente en las áreas donde las pendientes y suelos no son adecuadas para el uso agropecuario y son zonas de vocación forestal y que por lo tanto al encontrarse sin una cobertura vegetal adecuada presentan un incremento del riesgo de tipo hidrogeológico, es decir, deslizamientos, inestabilidad de laderas, o la pérdida gradual de los suelos.
5.4.2.2 Política de conservación restauración	Esta política se aplica a las UGA que presentan una elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales y que, sin embargo, cuentan con zonas con algún grado de perturbación o alteración. Por lo tanto, en estas UGA resulta importante conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a beneficio de los poseedores de la tierra, evitando la disminución del capital natural, pero generando los mecanismos necesarios para la recuperación de las zonas degradadas, disminuyendo la fragmentación de los ecosistemas y recuperando los servicios ecosistémicos y la biodiversidad e integrando criterios de sustentabilidad para el acceso a los recursos naturales que se encuentren disponibles.
5.4.2.3 Política de aprovechamiento conservación	Esta política ambiental está dirigida a UGA que cuentan con zonas en aprovechamiento con fragmentos de vegetación de bosque o matorral en condiciones óptimas para su conservación, por lo que es necesaria la implementación de esta política para mejorar su productividad en zonas de baja pendiente y conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Fuente: Elaboración propia con datos de POETEM (2023).

Los lineamientos ecológicos constituyen un enunciado general que manifiestan el estado deseable de las UGA, permiten la definición específica del objeto de las políticas previstas, así como el mecanismo del seguimiento, con la finalidad de lograr el estado ambiental deseado de los recursos naturales; por lo que se requieren acciones de conservación, protección y restauración. Respecto a los criterios de regulación ecológica, son directrices que fortalecen los programas de desarrollo urbano en la reducción de emisiones de gases invernadero, creación de áreas verdes y la difusión de ecotécnicas. De acuerdo a lo anterior, se describen las características de las políticas de ordenamiento general Tabla 10.

Tabla 10. Características de la UGA-1212 y UGA-1253.

UGA	Política de Ordenamiento General	Lineamiento Ecológico	Usos permitidos	Usos no Permitidos
UGA-1212	5.4.1.2 Conservación	Conservar las 995.62 ha del ecosistema de bosque templado con predominancia de encino y las 933.38 ha de los demás ecosistemas naturales.	Acuacultura, agricultura, asentamientos humanos rurales, asentamientos humanos urbanos, conservación, ganadería intensiva, Industria ligera, Industria pesada,	Pesca, turismo convencional.
UGA-1253	5.4.2.3 Aprovechamiento-Conservación	Recuperar las 79.50 ha del ecosistema de bosque templado y los demás ecosistemas perturbados, así como de las zonas preferentemente forestales deforestadas y utilizadas actualmente para actividades agropecuarias, consolidando el aprovechamiento sustentable de las áreas tradicionales de agricultura y ganadería extensiva.	Acuacultura, asentamientos humanos rurales, asentamientos humanos urbanos, conservación, ganadería extensiva, ganadería intensiva, Industria ligera, Industria pesada.	Pesca, turismo, convencional.

Fuente: Elaboración propia con datos de POETEM (2023).

De acuerdo con recomendaciones normativas, los criterios de regulación ecológica fueron formulados para encauzar el aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales y al mismo tiempo evitar prácticas inadecuadas en el manejo de los recursos naturales, en este marco, los criterios contemplan los siguientes sectores: 1) Acuicultura (Ac), 2) Agrícola (Ag), 3) Conservación (Co), 4) Forestal no maderable (Fn), 5) Forestal maderable (F), 6) Ganadería extensiva (Ga), 7) Ganadería intensiva (Gi), 8) Infraestructura (If), 9) Industria ligera (In), 10) Industria pesada (Ip), 11) Minería (Mn), 12) Pesca (Pe), 13) Turismo convencional (Tu), 14) Turismo alternativo (Ta), 15) Asentamientos humanos rurales (Hr), 16) Asentamientos humanos urbanos (Hu), y 17) General (Ge). Las UGA-0910 y UGA-0982, referente al sector de minería, presentan los siguientes criterios de regulación ecológica (Tabla 11).

Tabla 11. Criterios de regulación ecológica.

UGA	Clave	Criterios de regulación ecológica
UGA-1212 y UGA-1253	Mn01	Los proyectos mineros deberán contar con una zona de amortiguamiento perimetral interior, cuya función garantice:
		• Contención del espacio de operación al interior del proyecto.
		• Mitigar los impactos al paisaje.
		• Mitigar y contener la generación de ruido por la operación.
		• Mitigar y contener la emisión de polvos.
		• Protección por deslizamientos o inestabilidad del terreno.
		• Control de escurrimientos para prevenir inundaciones al interior de la mina.

UGA	Clave	Criterios de regulación ecológica
		• Barreras físicas que impidan el arrastre de material disgregado hacia cauces, cuerpos de agua y en general predios colindantes.
		• La zona de amortiguamiento deberá reforestarse con especies de la región.
		La dimensión de dicha zona de amortiguamiento requiere ser justificada previamente ante la Autoridad a través del procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental. El proyecto y su zona de amortiguamiento deben considerar los límites de Zonas Urbanas, Zonas Federales asociadas a cuerpos de agua, Vías de Comunicación, Derechos de Vía o Paso, así como límites de las Declaratorias de Zonas Arqueológicas.
	Mn02	Los proyectos mineros deberán integrar prácticas que respeten y den cumplimiento a los límites y estándares definidos en la legislación y normatividad vigente en la materia de:
		• Manejo de Residuos.
		• Prevención de la contaminación del suelo, agua y la atmósfera.
		• Prevención de la contaminación por ruido, vibraciones, polvos, y en general emisiones y descargas al medio.
		• Protección a la flora y la fauna.
		• Manejo y control del agua.
		• Resiliencia y Adaptación a los efectos adversos del cambio climático.
		• Ambiente y Seguridad Laboral de los trabajadores.
		Para el caso de nuevos proyectos mineros, el cumplimiento a la legislación y normatividad vigente deberá ser manifestada desde la etapa de Evaluación de Impacto Ambiental
	Mn03	Los proyectos mineros deberán considerar desde su diseño y en la Evaluación del Impacto Ambiental: mediadas de mitigación y control ambiental para reducir o prevenir los impactos ocasionados por polvos, ruidos, vibraciones, emisiones y descargas; acordes a la magnitud de los impactos que conlleva cada una de sus etapas de exploración, preparación del sitio, operación o extracción, benefició o manejo de producto, así como cierre.
	Mn04	Los proyectos mineros deberán contar con un Programa de Trabajo por Frentes, para las etapas de exploración, preparación del sitio, operación o extracción, benefició o manejo de producto, así como cierre. en caso de proyectos nuevos el programa de trabajo deberá presentarse en la Evaluación del Impacto Ambiental del Proyecto, asociado a la aplicación de medidas de mitigación ambiental.
	Mn05	Los proyectos mineros deberán contar con un Programa de restauración ambiental. Las acciones de restauración ambiental deberán realizarse al cierre de cada frente de trabajo, independientemente de la continuidad de operaciones en otros frentes del proyecto. Al concluir la actividad de todos los frentes, deberá estar restaurada ambientalmente la totalidad del área intervenida por el proyecto. Todos los proyectos que se sometan al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental, deberán presentar un programa de restauración ambiental. El Programa de Restauración Ambiental deberá estar acompañada de una valoración económica del costo de las acciones propuestas en dicho Programa

UGA	Clave	Criterios de regulación ecológica
	Mn06	La restauración ambiental del sitio del proyecto minero deberá enfocarse a soportar del uso agrícola del sitio, considerando en todo momento la recuperación del uso previo al desarrollo de la actividad minera.
	Mn07	Los proyectos mineros deberán realizarse fuera de las zonas urbanas y urbanizables, conforme a los usos de suelo permitidos en los instrumentos legales aplicables.
	Mn08	El crecimiento urbano en torno a minas activas o cerradas, deberá considerar restricciones y salvaguardas para prevenir asentamientos humanos en zonas de riesgo por inestabilidad del terreno.
	Mn09	Los proyectos mineros deberán contar con un Programa de Cumplimiento Ambiental que garantice el seguimiento de las medidas de mitigación ambiental definidas en los resolutivos de impacto ambiental y la normatividad vigente, el cual deberá estar vinculado al Programa de Trabajo para las etapas de exploración, preparación del sitio, operación o extracción, benefició o manejo de producto, así como cierre del proyecto.
	Mn10	Con la finalidad de proteger la integridad hidrológica y ecosistémica de los ambientes riparios, cañadas y cauces, así como la recarga de acuíferos y estabilidad de los cuerpos de agua en el Estado, el aprovechamiento de materiales pétreos en cauces de ríos y arroyos sólo estará permitido previa concesión y autorización de la autoridad competente.
		Sin excepción los proyectos de aprovechamiento de materiales en cauces de ríos o arroyos, deberán contar con el título de concesión correspondiente y vigente, así como la autorización de impacto ambiental emitida por la autoridad competente.
	Mn11	En caso que la actividad minera implique el retiro de vegetación, de manera previa a las actividades de desmonte se deberán aplicar medidas de mitigación y/o compensación a favor de la vegetación.
	Mn12	Durante las actividades de despalme, el suelo deberá ser acopiado en los sitios previamente acondicionados para tal fin, el suelo será reutilizado durante las labores de cierre y restauración ambiental de los frentes del proyecto minero y se deberá prevenir su pérdida por factores eólicos o hidrológicos. El cierre de frentes y el manejo de suelo se hará conforme al avance de la explotación y operación de la mina.
	Mn13	Queda prohibido el uso de minas inactivas como área de disposición de residuos urbanos, de manejo especial y/o Peligrosos. En caso de actividad minera que conlleve la conformación de jales, estos deberán recibir el manejo y tratamiento conforme a reglamento y norma.
	Mn14	La habilitación del sitio de extracción minera para un proyecto distinto a la minería, requiere previa autorización de las autoridades competentes, así como la habilitación del sitio para soportar la nueva actividad a la que se destine.
	Mn15	Los proyectos mineros deberán contar con instalaciones suficientes para dar manejo adecuado a los residuos urbanos, de manejo especial y peligrosos generados durante su operación, así como dar servicios sanitarios suficientes para los trabajadores
	Mn16	La salida y transporte de materia los productos, deberá ser en vehículos acondicionados para prevenir que se derramen materiales sólidos o líquidos en caminos y vialidades.
	Mn17	El desarrollo de la actividad Minera dentro de un Áreas Natural Protegida, estará sujeta a lo dispuesto en los decretos de creación y los respectivos planes o programas de manejo.

UGA	Clave	Criterios de regulación ecológica
	Mn18	La extracción de materiales pétreos deberá regirse por la Norma Técnica Estatal vigente al momento. Actualmente la NTEA-002-SEGEM-AE2004 publicada en la G.G.E.M el 8 de marzo del 2004.
	Mn19	Que el cierre de frentes de trabajo de los proyectos mineros, conlleva la aplicación de las acciones de restauración. En tanto que a la conclusión del proyecto minero se requieren realizar acciones de restauración y estabilización de la totalidad del área intervenida.
		La restauración de la mina deberá ser realizada por el promovente de la misma, en tanto que se considerará corresponsable al propietario o poseedor del predio.
		La restauración y estabilización requerida al cierre de la mina y sus frentes debe considerar:
		• El uso que tenía previamente, sea este agrícola o forestal
		• Que, durante la reincorporación del suelo y el material vegetal disponible para las acciones de restauración, este recurso puede ser enriquecido para garantizar su capacidad de soportar el uso agrícola y/o forestal.
		• La conformación de bermas estables.
		• La nivelación el terreno
		• El retiro de la maquinaria, residuos e instalaciones.
		• El caso de los jales, no requieren ser retirados en la medida que estén contenidos, estabilizados y neutralizados.
		• La señalización del área como en proceso de cierre y en su caso de restauración ambiental.

Fuente: Elaboración propia con datos de POETEM (2023).

El proyecto en comento, contempla actividades de exploración, donde las UGA mencionadas previamente presentan criterios de regulación ecológica que encausan el aprovechamiento racional de los recursos naturales. En este contexto, cabe señalar que las actividades programadas para la realización del proyecto cuentan con mecanismos de protección al ambiente de acuerdo con la normatividad aplicable; asimismo, dentro de esta manifestación se realiza la descripción de las medidas de prevención, mitigación o compensación por los impactos que se generen por el desarrollo del proyecto.

Se debe considerar que, por la naturaleza del proyecto, no será necesario solicitar permisos para el uso de aguas subterráneas, las planillas de barrenación se ubicarán fuera de los arroyos o corrientes de agua para evitar el depósito de sedimentos; además se otorgará un manejo integral de los residuos sólidos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos para evitar la contaminación del suelo y aguas. Así mismo, se realizarán prácticas de ahuyentamiento de fauna silvestre y de rescate de flora y fauna silvestre, previo a cualquier actividad que se realice en el proyecto.

III.I.3 Plan de Desarrollo del Estado de México

El Plan de Desarrollo del Estado de México (PEDEM 2023-2029), es el instrumento del gobierno del Estado que traza los objetivos y directrices de las políticas públicas, establece las acciones específicas para alcanzar y precisar indicadores que permitan medir los avances del gobierno en la gestión. En este contexto, el PED integra ejes de Gobierno, objetivos y estrategias enfocadas al desarrollo social y económico de la entidad, con la finalidad de garantizar el bienestar a la población.

El presente instrumento, está conformado por cuatro ejes:

1. Cero corrupción y gobierno del pueblo y para el pueblo
2. Bienestar ambiental y acceso universal al agua
3. Empleo digno y desarrollo económico
4. Bienestar social "Combate a la pobreza y atención a grupos en situación de vulnerabilidad.

Además, presenta tres ejes transversales:

I. Igualdad de genero
II. Construcción de la paz y seguridad
III. Cumplimiento a los objetivos de desarrollo

Cabe señalar, que el proyecto se vincula al PED en el Eje III. Empleo digno y desarrollo económico, dentro del objetivo 3.1 Impulsar el empleo digno y el desarrollo económico para mejorar el ingreso y el bienestar de la población, especialmente de los grupos vulnerables, Estrategia 3.1.1 Contribuir en la generación de oportunidades laborales dignas para todas y todos, donde el proyecto se vincula a las Líneas de Acción: 3.1.1.5. y 3.1.1.6.

Además, el proyecto se alinea a la estrategia 3.3. Consolidar a la entidad como un polo de desarrollo económico, competitivo y con atracción de inversiones donde se establece la estrategia 3.3.2. Promocionar las ventajas competitivas de la entidad, con la línea de acción 3.3.2.1. En este contexto, se debe destacar la línea de estrategia 3.3.3. Fortalecer las cadenas de valor en el Estado de México desde el sector primario al terciario en el cual se establece según la línea de acción 3.3.10. Fomentar el aprovechamiento sostenible de los recursos minerales del Estado (Tabla 12).

Tabla 12. Vinculación del proyecto de acuerdo al PEDEM.

Eje	Objetivo	Estrategia	Líneas de acción
III. Empleo digno y desarrollo económico	3.1 Impulsar el empleo digno y el desarrollo económico para mejorar el ingreso y el bienestar de la población.	3.1.1 Contribuir en la generación de oportunidades laborales dignas para todas y todos.	3.1.1.5 Promover acciones que detonen la incorporación laboral a través del autoempleo, la asociación cooperativa y la vinculación con empresas, instituciones privadas y organismos públicos.
			3.1.1.6 Priorizar la contratación de los habitantes del Estado de México en los empleos existentes y por crearse en a la entidad.

Eje	Objetivo	Estrategia	Líneas de acción
	3.3 Consolidar a la entidad como un polo de desarrollo económico, competitivo y con atracción de inversiones.	3.3.2 Promocionar las ventajas competitivas de la entidad	3.3.2.1 Promocionar al Estado de México ante corporativos comerciales nacionales y extranjeros para que lo elijan como destino de inversión y financiamiento.
		3.3.3 Fortalecer las cadenas de valor en el Estado de México desde el sector primario al terciario.	3.3.3.10 Fomentar el aprovechamiento sostenible de los recursos minerales del Estado.

Fuente: Elaboración propia con datos de PDMTEMAS (2025-2027).

De acuerdo a lo anterior, el Gobierno del Estado de México prioriza la generación de condiciones que fomenten el crecimiento económico y generación de condiciones óptimas de desarrollo para todos los habitantes, por lo que se deben tomar acciones que alienten y fortalezcan en el ámbito integral, regional y sectorial; sus vocaciones productivas en materia industrial, energética, comercial, minera, artesanal, agropecuaria, de abasto, logística y servicios; respetando el medio ambiente así como garantizar la certeza jurídica a los inversionistas, por lo anterior, es indispensable lograr un desarrollo equitativo en todos los rubros previstos.

En este marco, el proyecto en cuestión, se localiza en el municipio de Sultepec, Estado de México, al suroeste de la entidad; cumple cabalmente con a la normatividad jurídica y en estricto apego a los lineamientos y estrategias descritas previamente. La realización del proyecto propiciará el desarrollo del conocimiento geológico que impulse el aprovechamiento minero en la entidad, coadyuvando con empresas del sector, promoviendo la minería responsable, así como incentivar el desarrollo económico estatal y regional, con la generación de empleos que permitan una derrama económica para el beneficio de las comunidades. Además, se contempla la investigación y desarrollo de nuevas técnicas mineras con la finalidad de optimizar los procesos de extracción y el valor de recursos minerales.

III.I.4 Plan de Desarrollo Municipal de Sultepec, Estado de México

El Plan de Desarrollo Municipal de Sultepec (PDMS, 2025; 2025-2027), es el instrumento rector de las políticas públicas municipales, que permite a través de los programas y acciones mejorar la calidad de vida de los habitantes, generando oportunidades de desarrollo social y ampliando expectativas de crecimiento económico. En este contexto, la visión que tiene el presente plan es de conformar un gobierno democrático, considerando prioritariamente las demandas de los diferentes grupos sociales surgidas de la consulta de los medios electrónicos, encuestas y demandas con la finalidad de conformar un gobierno con una gestión más eficiente, capaz de mejorar condiciones políticas, económicas, sociales y culturales que conlleven al mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

El (PDMT, 2025; 2025-2027), se alinea al (PEDEM 2023; 2023-2029), de acuerdo a las políticas establecidas a través de cuatro ejes, y a tres “Ejes Transversales, descritos a continuación: Eje 1. Cero corrupción y gobierno del pueblo y para el pueblo, Eje 2. Bienestar ambiental y acceso universal al agua. “Preservación y promoción ecológica”, Eje 3. Empleo digno y desarrollo económico. “Inclusión para el bienestar y la prosperidad”, Eje 4. Bienestar Social. “Combate a la pobreza y atención a grupos en situación de vulnerabilidad”; Eje Transversal 1. Igualdad de género, Eje Transversal 2. Construcción de la paz y seguridad, Eje Transversal 3. Cumplimiento a los objetivos de Desarrollo Sostenible.

El proyecto en cuestión, se vincula con el Eje 3. Empleo digno y desarrollo económico “inclusión para el bienestar y la prosperidad, de acuerdo con el objetivo 3.1 Impulsar el empleo digno y el desarrollo económico local para mejorar el ingreso y bienestar de la población, especialmente de los grupos vulnerables en Sultepec, estrategia 3.1.2 Generar oportunidades laborales dignas, se destacan la línea de acción 3.1.2, buscando el objetivo del eje (Tabla 13).

Tabla 13. Vinculación del proyecto con el PMD de Sultepec, Estado de México.

Eje	Objetivo	Estrategia	Líneas de acción
3. Empleo digno y desarrollo económico	3.1 Fomentar la creación de empleos dignos y promover el desarrollo económico de Sultepec.	3.1.2 Promover la apertura y operación de MiPyMEs en el municipio para aumentar la productividad y la creación de empleos.	3.1.2.1 Gestionar la creación de programas de financiamiento específicos para MiPyMES o emprendimientos locales en los principales sectores productivos del municipio.

Fuente: Elaboración propia con datos de (PDMT, 2025; 2025-2027).

Cabe señalar que, las actividades contempladas para el desarrollo del proyecto generarán empleos con mayor remuneración y derrama económica en localidades aledañas, fomentando la actividad social y ambientalmente responsable, en el municipio de Sultepec, Estado de México, desarrollando el acervo geológico minero de la región. En este contexto, las actividades contempladas para el desarrollo del proyecto se efectuarán con estricto apego a la normatividad municipal, así como a las estrategias y líneas de acción descritas previamente, con el objetivo de incentivar el desarrollo de la región, vigilando el cuidado del medio ambiente.

III.II Leyes Ambientales

III.II.1 Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Con base en la normatividad regulatoria de gestión ambiental, el presente proyecto contempla actividades de exploración minera, motivo por el cual, se sujetará a las disposiciones estipuladas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual decreta en el Artículo 5 fracciones II, X y XIV las facultades que tiene la Federación, considerando las regulaciones de acciones para preservar, restaurar el equilibrio ecológico, protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal; así como, la evaluación de impacto ambiental de las obras o actividades referidas en el Artículo 28 y en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, al igual, que la regulación de las actividades relacionadas con la

exploración, explotación y beneficio de los minerales, sustancias y demás recursos del subsuelo que corresponden a la nación con la finalidad de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente; además, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, establece en el Artículo 32 bis, fracción XI, que otorga a la SEMARNAT atribuciones para evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten los sectores público, social y privado, además de resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica.

En este contexto, de acuerdo con lo estipulado previamente y concerniente a la naturaleza del proyecto que contempla actividades de exploración, la LGEEPA promulga en el Artículo 28 fracción III que actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en términos de la Ley de Minería y Reglamentaria del Artículo 27 constitucional; en este marco, las sustancias de interés que motivan la realización del proyecto son atribuibles a la nación.

En este contexto, es importante mencionar que, en el Artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA (REIA), se hace referencia a las obras y actividades que requieren previa autorización en materia de impacto ambiental, enfatizando el Artículo 5, inciso L) fracciones I, II y III, como las actividades características ambientales contempladas en la Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2020, en este marco, siete de los barrenos programados (BDU-04, BDU-05, BDU-07, BDU-08, BDU-09, BDU-10, y BDU-13), se encuentran en superficies que presentan vegetación de pastizal inducido, también hay presencia de clima semicálido subhúmedo (A)C(w2), por lo que no se alinea a las exclusiones de evaluación, éstas últimas, definidas básicamente por el medio físico y biótico en donde se pretendan desarrollar, acorde a las características ambientales contempladas en la Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2020, por lo que su evaluación se presentará en la modalidad de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y seguirá las especificaciones estipuladas en los artículos 30, 34 fracción I, 35, 35 bis-1, 35 bis-2 de la LGEEPA en materia de impacto ambiental.

III.III Normas Oficiales Mexicanas aplicables

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias de la Administración Pública Federal, que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices características o prescripciones aplicables a un producto, proceso e instalación, entre otros, así como a su cumplimiento o aplicación. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), expide las NOM del Sector Ambiental con el fin de establecer las características y especificaciones, criterios y procedimientos, que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales (SEMARNAT, 2021).

Considerando que el proyecto realizará actividades de exploración directa, las cuales requerirán la preparación de la superficie del terreno en los sitios de interés para la instalación del equipo de perforación, así como la identificación de vías de acceso para el traslado de maquinaria,

equipo, víveres y personal, considerando que el proyecto se desarrollará en zona de bosque de encino, bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino, y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino, la presencia de flora y fauna será un factor importante a considerar durante el período de tiempo que dure el proyecto, razón por la cual, las obras y actividades se sujetarán a las normas presentadas en la Tabla 14, cabe destacar que, el listado normativo es de carácter informativo y no limitativo, ya que, también, se considerarán normas relacionadas con la seguridad e higiene para el personal encargado de la ejecución del proyecto y cualquier otra necesaria para procurar la protección ambiental y adecuado cierre de las actividades.

Tabla 14. Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto de exploración.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación al Proyecto
NOM-120-SEMARNAT-2020. Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosque de coníferas o encinos, publicada en el DOF el 11 de noviembre de 2020.	Esta Norma es aplicable al proyecto debido a que es la base para el cálculo de áreas y superficies que se emplearán para el acondicionamiento de planillas de barrenación y las medidas aplicables de protección ambiental.
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. Modificación publicada en el DOF el 04 de marzo de 2020.	Mientras duren las actividades de exploración y en el caso de encontrarse con especies protegidas por esta Norma, se tendrá cuidado de identificar y proteger a los individuos que sean observados durante los trabajos. Así mismo, se enlistaron a las especies reportadas para el área de estudio y se anexan sus fichas técnicas de identificación y distribución.

Fuente: Elaboración propia a partir de Normas Oficiales Mexicanas.

III.IV Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas

Con base en el análisis de los datos vectoriales obtenidos de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS; CONABIO, 2008, 2011, 2015); así como la carta de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2026); se identificó solo la incidencia de la RTP -120. Sierras de Taxco-Huautla (Figura 12), sus características principales se describen a continuación.

III.IV.1 Región Terrestre Prioritaria (RTP)

- **RTP -120. Sierras de Taxco-Huautla**

Ubicada en parte del Estado de México, Guerrero, Morelos y Puebla; abarca una extensión superficial de 2,959 km^2. La importancia de la presente área radica principalmente en la riqueza biológica que presentan las cañadas y la Sierra de Taxco, así como la alta integridad ecológica de la Sierra de Huautla, que constituyen un reservorio de especies endémicas y tienen una amplia representatividad de ecosistemas.

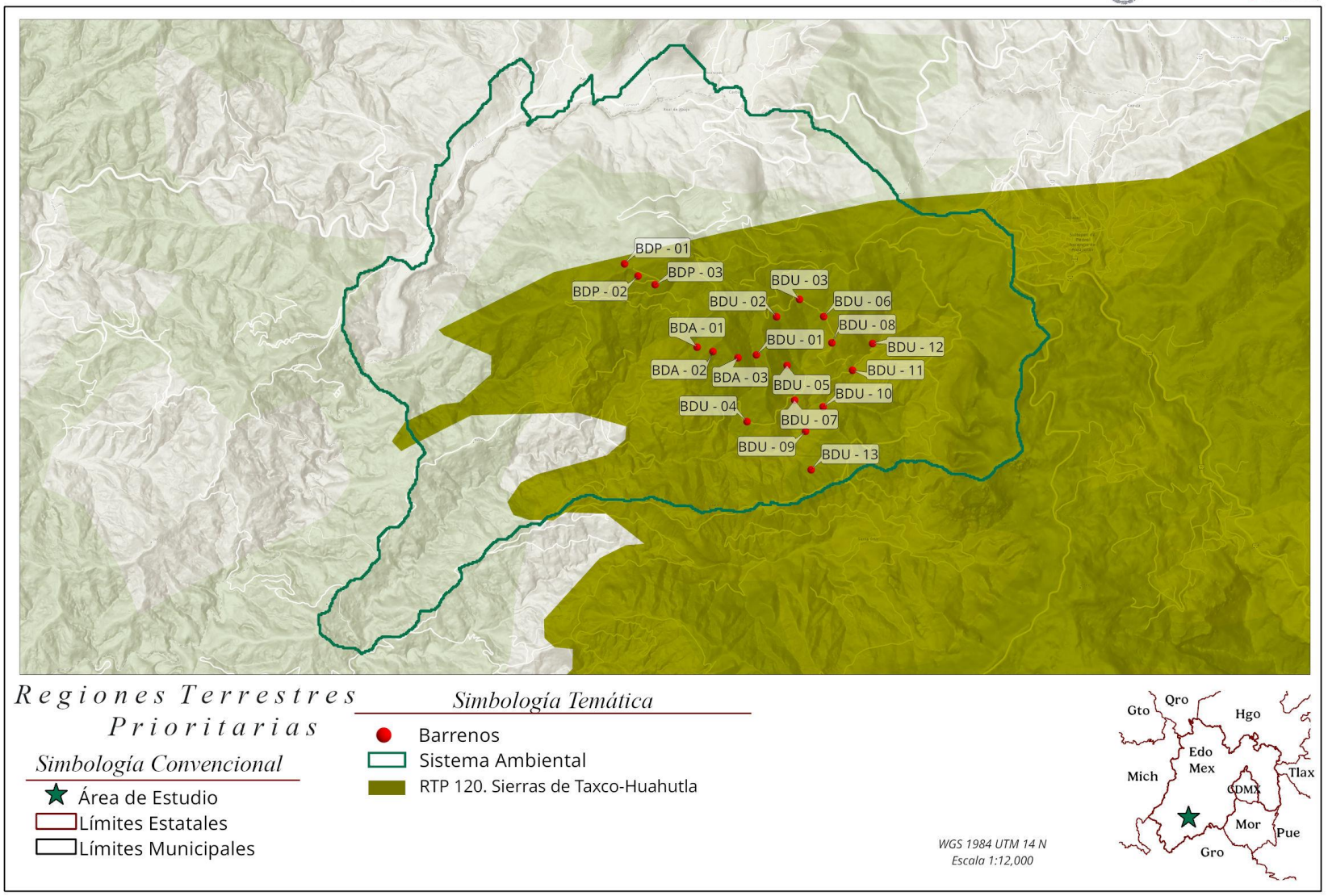


Figura 12. RTP 120. Sierras de Taxco-Huahutla.
Fuente: Elaboración propia con información de CONABIO (2015c).

El tipo de vegetación predominante es el de bosque de encino con diferente proporción de asociación con pino, aunque la diversidad de ecosistemas incluye también selva baja caducifolia, así como áreas perturbadas, en donde se presenta agricultura de temporal y pastizal inducido. En las cañadas de la Sierra de Taxco está reportada una riqueza significativamente alta de mariposas. Los principales tipos de vegetación y uso de suelo representados en esta región son los siguientes: selva baja caducifolia con 41%, bosque de encino con 33%, agricultura, pecuario y forestal con 16% y otros con 10%. Los principales problemas que presenta la región son principalmente por el alto grado de fragmentación, existen varias actividades económicas locales como las mueblerías, crecimiento poblacional, deforestación, pastoreo, erosión. La mención de las Áreas de Importancia Ambiental es de carácter informativo, mas no limitativo y no contraviene el desarrollo del proyecto (CONABIO, 2017).

IV. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto

IV.I Delimitación del área de estudio

En el marco conceptual del Sistema Ambiental (SA) establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022), el SA es un espacio finito definido en función de las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socioeconómico de una región, y está formado por un conjunto de ecosistemas cuya dinámica resulta relevante para la evaluación del impacto potencial de un proyecto. Por lo anterior, es importante señalar que una microcuenca permite capturar la integridad de dichas interacciones, derivada de un análisis hidrológico, dado que esta unidad territorial contiene la expresión espacial de los flujos hídricos superficiales, la conectividad ecológica, la distribución de la vegetación, la interacción edáfica y los patrones de ocupación humana.

La delimitación del SA (Figura 13) debe realizarse considerando la interacción esperada entre el proyecto y los ecosistemas involucrados, sin fraccionar artificialmente estos últimos salvo que la dinámica antropogénica lo justifique. La metodología hidrológica implementada en ArcGIS Pro 3.5 garantiza que la unidad espacial considerada, la microcuenca, incorpore la uniformidad y la continuidad de procesos como la escorrentía, la infiltración, la conectividad biológica y la provisión de servicios ecosistémicos. En este sentido, la microcuenca responde funcionalmente a los principios que rigen la definición del SA: la integración de componentes, la delimitación natural del territorio y la relevancia ambiental en términos espacio-temporales.

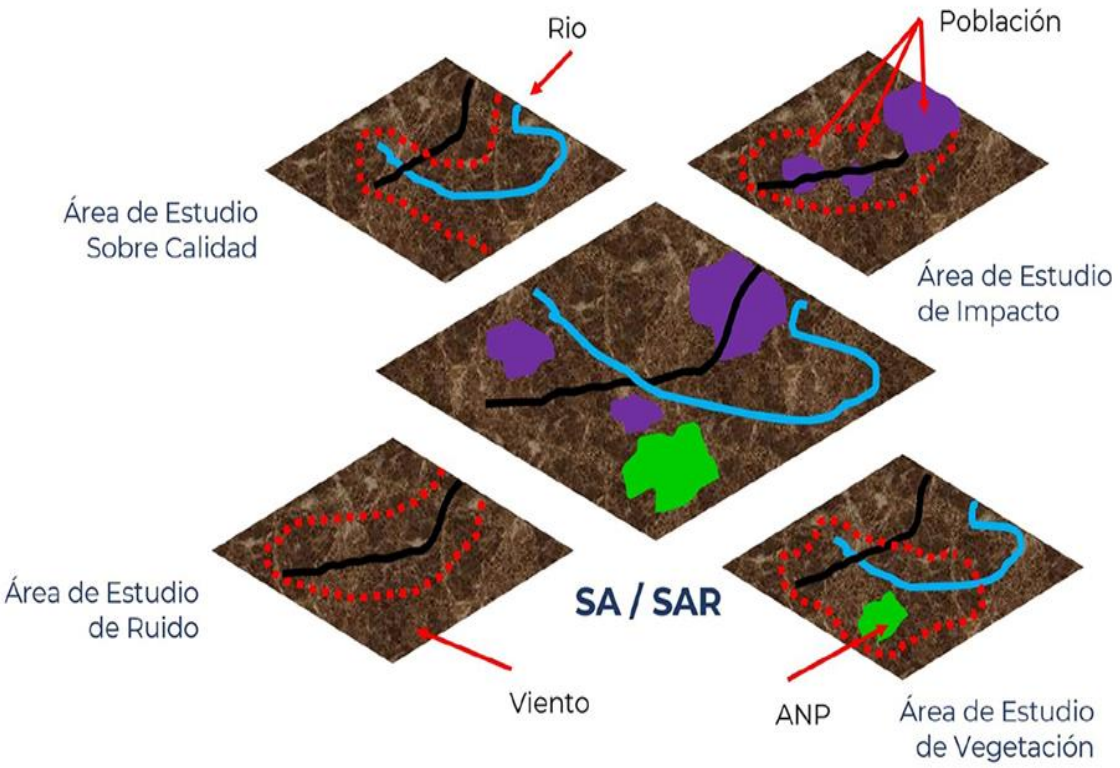


Figura 13. Ejemplo de elementos a considerar para la delimitación de un Sistema Ambiental (SA) o de un Sistema Ambiental Regional (SAR).
Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2022).

La utilización de esta metodología no solo aporta rigurosidad técnica y replicabilidad científica, sino que también fortalece la validez ambiental y normativa del estudio, al ajustarse a los lineamientos establecidos para la delimitación del SA en evaluaciones ambientales reguladas por la legislación mexicana vigente. La precisión obtenida con esta técnica es esencial para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental y territorial, lo que asegura que el proyecto interactúe de manera responsable con los procesos naturales y sociales del territorio.

Tomando como punto de partida el Continuo de Elevación Mexicano (CEM) de 15 m de resolución del INEGI (2025b), se realizó un análisis para eliminar irregularidades que podrían afectar el cálculo del flujo de agua. Posteriormente, se realizaron análisis hidrológicos en el software ArcGIS Pro 3.5 para identificar las zonas donde se concentra el flujo de agua. Finalmente, se delinearon las cuencas hidrológicas, estableciendo las áreas que contribuyen al drenaje hacia puntos específicos del terreno (Figura 14; González-Orozco et al., 2020).

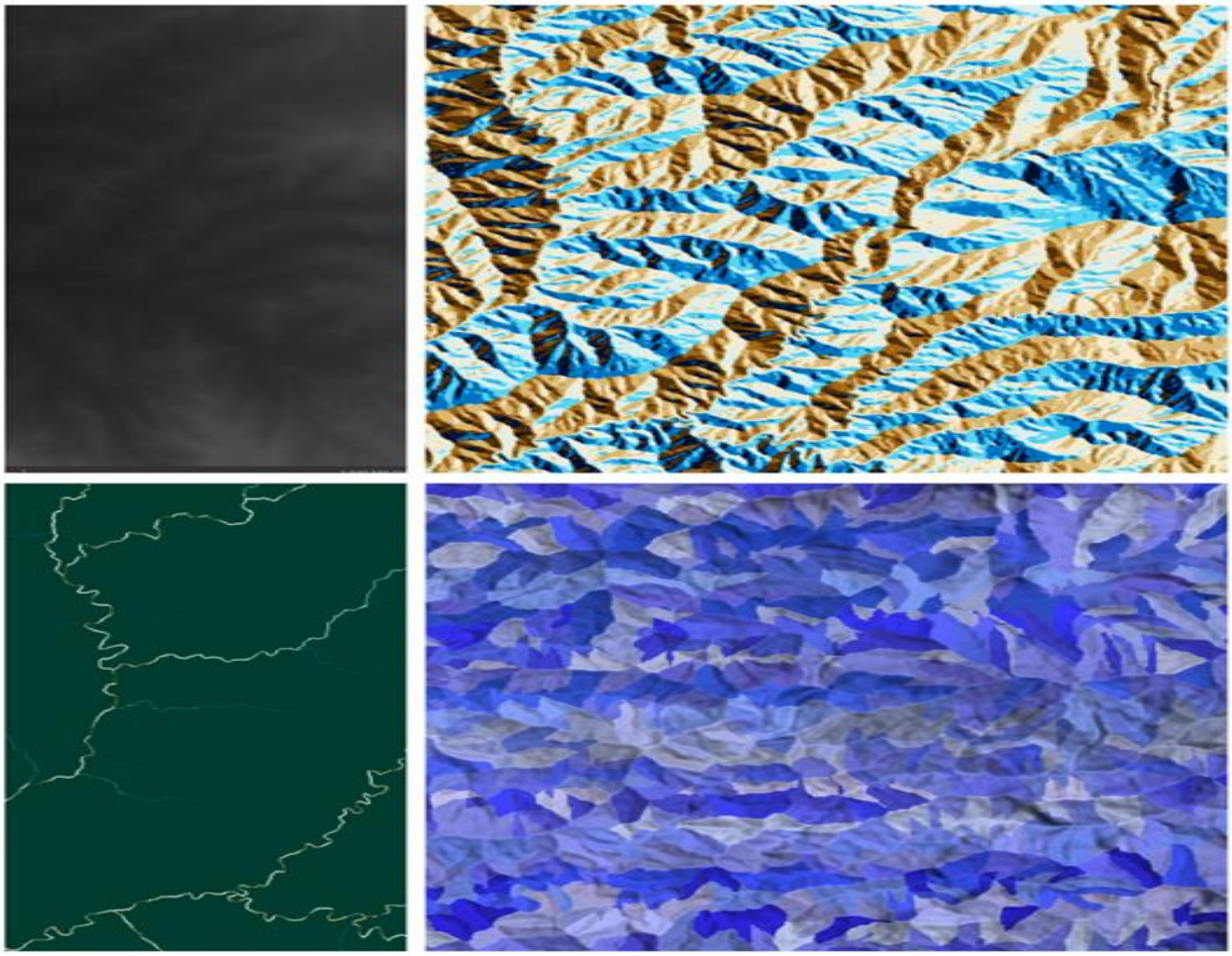


Figura 14. Delimitación del SA mediante los procesos de hidrología de ArcGIS Pro.
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2025b).

Como resultado del análisis hidrológico descrito previamente, se delimitó el SA con una superficie total de 10,251.98 ha (Figura 15), ubicado mayoritariamente en el municipio de Sultepec y parcialmente en los municipios de Tejupilco y Texcaltitlán, Estado de México. Esta delimitación responde no solo a criterios geomorfológicos y funcionales, sino que también se alinea con los principios del SA establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022), los cuales promueven una visión integrada del territorio que considera las interacciones dinámicas entre los componentes físicos, naturales y sociales. En este sentido, se destaca la importancia de la microcuenca, ya que constituye una unidad ambiental coherente, fundamental para entender los procesos ecológicos y las interacciones antrópicas que moldean el paisaje (González-Orozco et al., 2020). Además, la delimitación y análisis efectuados se encuentran en plena congruencia con la normatividad ambiental mexicana, particularmente con los lineamientos establecidos en el marco del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (SEMARNAT, 2000), lo cual fortalece la pertinencia y la legitimidad técnica del estudio realizado (Figura 16).

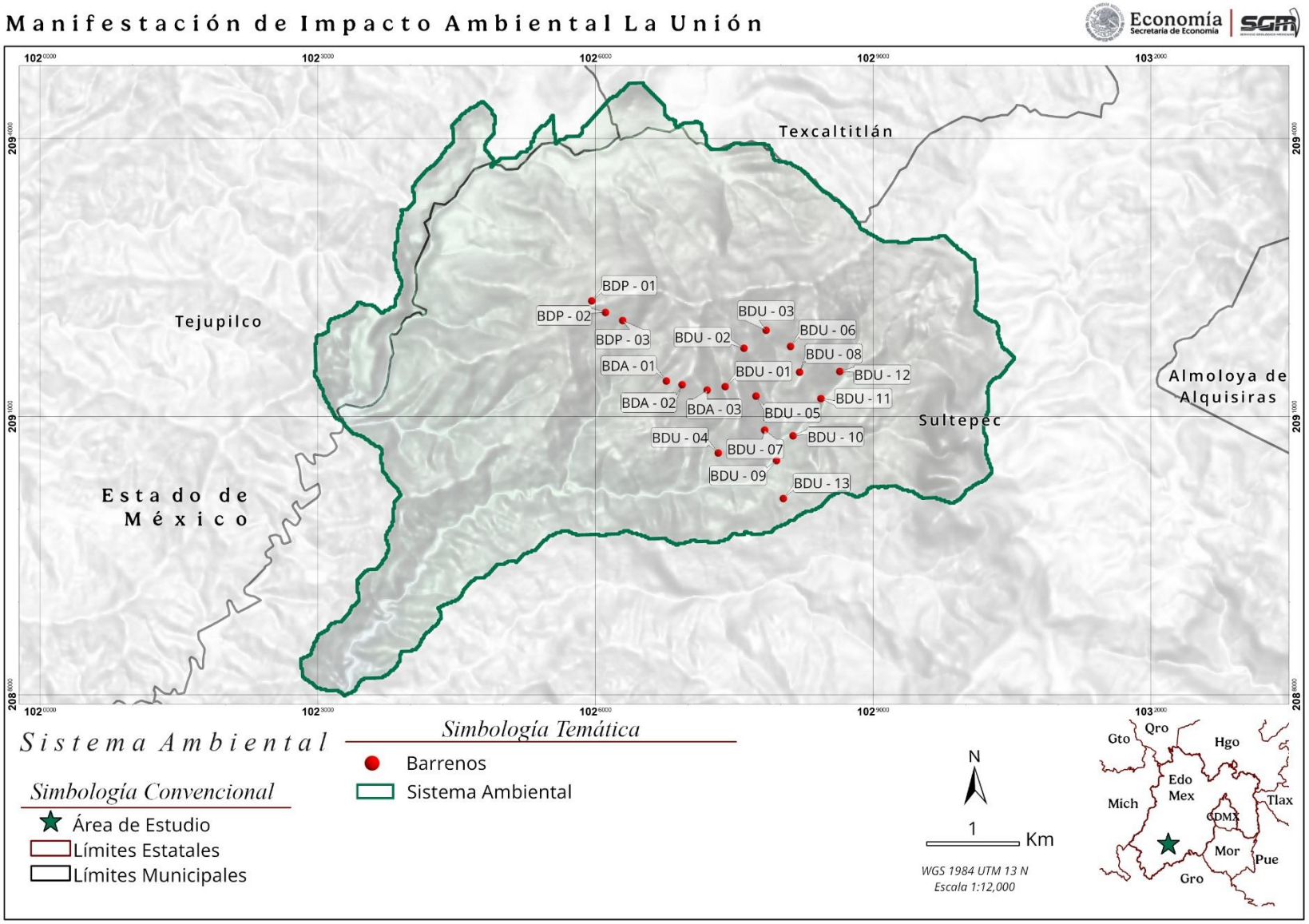


Figura 15. Mapa de delimitación del SA.
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2024b) y (SGM, 2025).

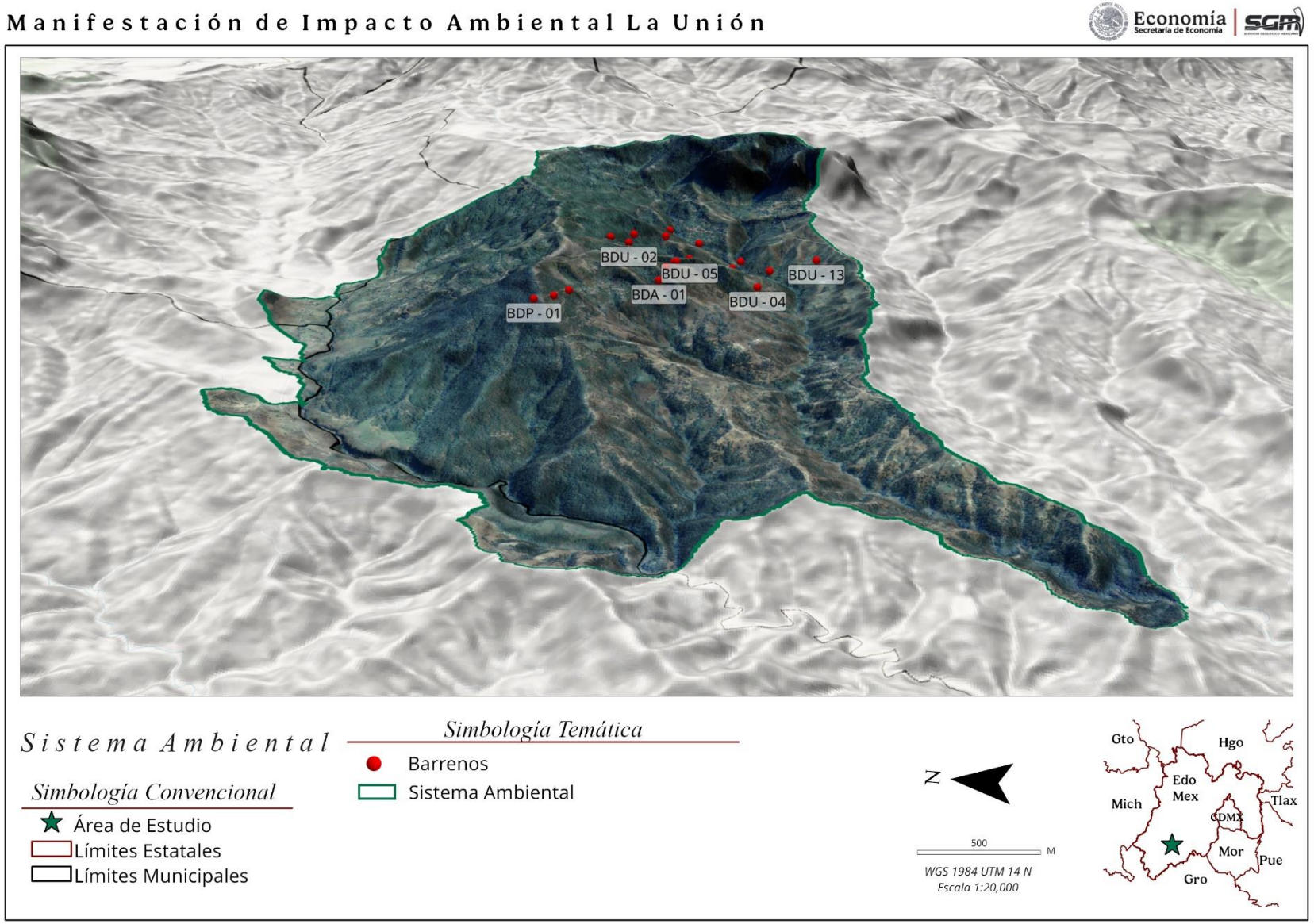


Figura 16. Imagen en 3D del SA.
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2024b) y (SGM, 2025).

IV.II Caracterización y análisis del sistema ambiental

IV.II.1 Aspectos abióticos

IV.II.1.1 Clima

Con base en la revisión y análisis de la clasificación de la carta climática (CONABIO, 1998), basada en el estudio de la clasificación Climática de Köppen y modificada por García (2004), se identificó la incidencia de dos unidades climáticas en el área de interés (Figura 17), denominados como Semicálido Subhúmedo con clave (A)C(w_2) y Templado Subhúmedo con clave C(w_2). Para la descripción de dichas unidades se empleó el Diccionario de Datos Climáticos del INEGI (2021c), debido a que no existe guía para la interpretación de datos climáticos por parte de la CONABIO.

- **Clima semicálido subhúmedo (A)C(w_2)**

La unidad climática corresponde al grupo de los cálidos, con una temperatura media anual mayor a 18 °C, presenta una temperatura media del mes más frío menor a 18 °C, en contraste el mes más caluroso es mayor a 22 °C. El subgrupo pertenece a los semicálidos de los templados, el régimen de lluvia corresponde al subhúmedo, caracterizado por un régimen de lluvia en verano y escaso todo el año o de invierno, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm; tiene un grado de humedad media y un índice P/T entre 43.2 y 55, presenta un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10% anual.

- **Clima templado subhúmedo C(w_2)**

La unidad climática corresponde al grupo templado, con una temperatura media anual entre los 12 °C y 18 °C, presenta una temperatura media del mes más frío se encuentra entre los -3 °C y los 18 °C en contraste el mes más caluroso que llega a los 22 °C. El subgrupo pertenece a los templados de los templados, el régimen de lluvia corresponde al subhúmedo, caracterizado por un régimen de lluvia en verano y escaso todo el año o de invierno, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm; tiene un grado de humedad media y un P/T entre 43.2 y 55, presenta un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10% anual.

a) Temperatura

Para el análisis de la temperatura, se consultó la información estadística climatológica, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (CONAGUA-SMN, 2026a), en donde se identificaron tres estaciones climáticas con estatus de activo y con datos suficientes, dentro de un radio de 13 km; la estación **15350 La Troja Vieja** se localiza a 9.92 km al sureste del área de interés, en la localidad del mismo nombre dentro del municipio de Sultepec; a 11.45 km en dirección noroeste del área de interés dentro de municipio de Tejupilco se encuentra la estación **15328 Mazatepec** y la estación **15301 Texcaltitlán** se encuentra a 11.83 km en dirección noreste del área de interés dentro del municipio del mismo nombre.

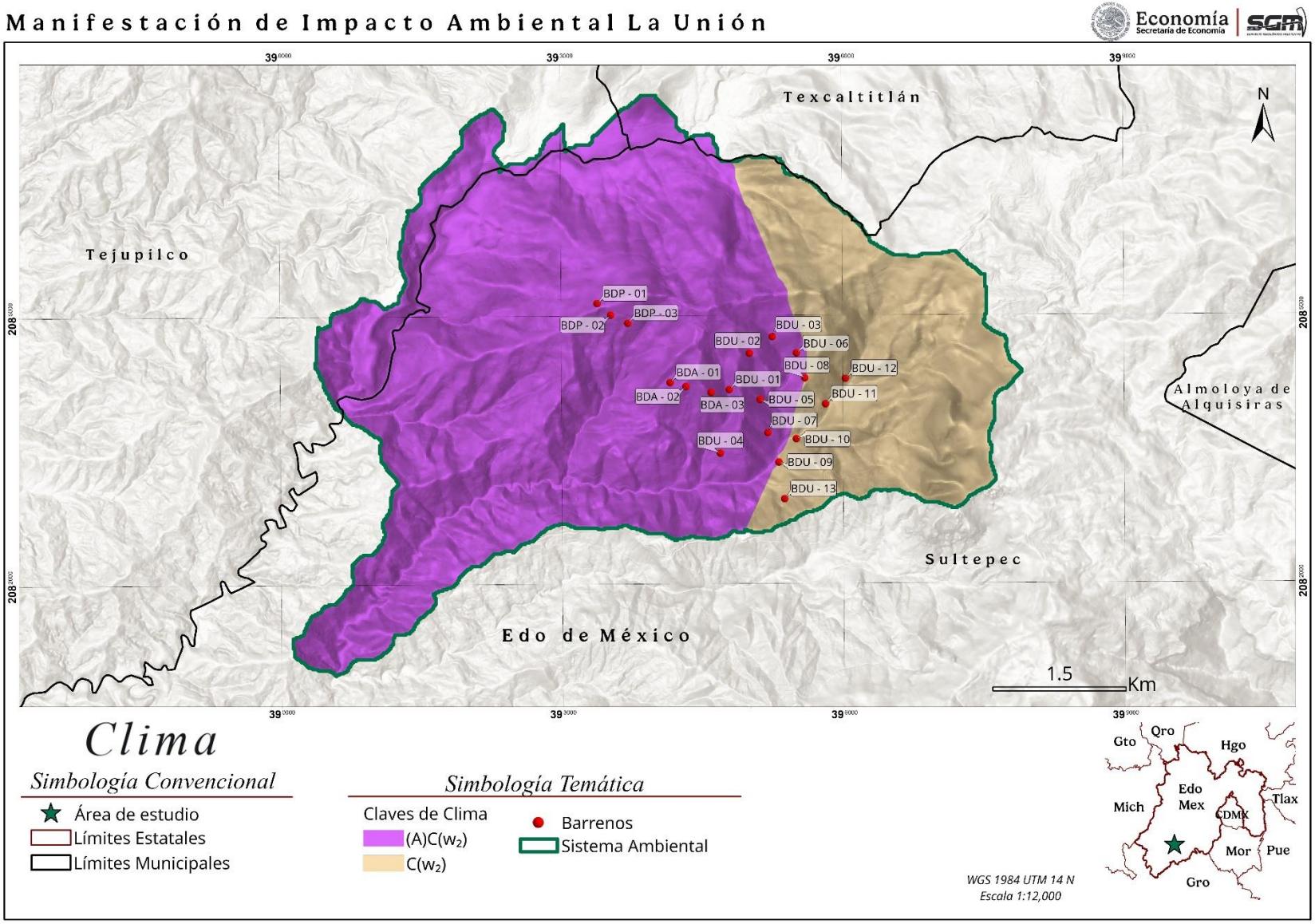


Figura 17. Clima presente en el área de interés.
Fuente: Elaboración propia con datos de (CONABIO, 1998).

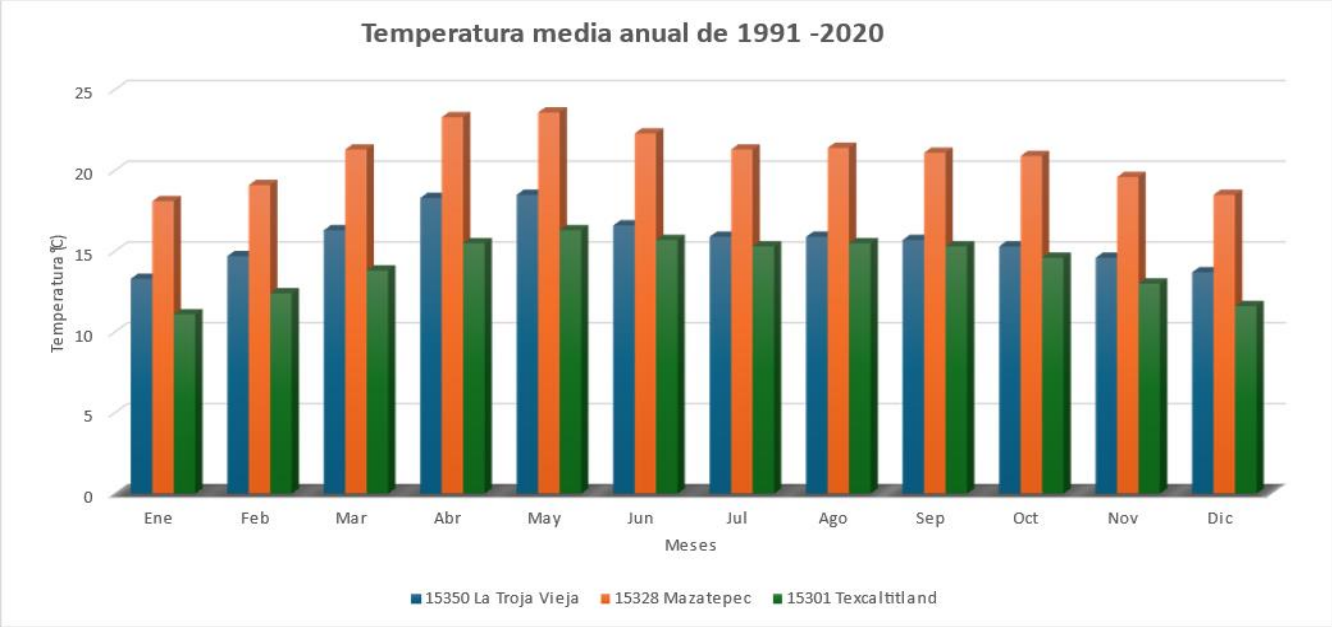
A partir del análisis de los datos obtenidos en un lapso de 30 años (1991-2020) de las tres estaciones climáticas en operación cerca del SA (Tabla 15) la temperatura mínima mensual fue de 3 °C en el mes de enero en la estación 15301 Texcaltitlán, mientras que la temperatura máxima mensual registrada fue de 32.6 °C en el mes de abril en la estación 15328 Mazatepec. La temperatura promedio anual en las cuatro estaciones oscilan entre los 15 a 21 °C.

Tabla 15. Registro de temperaturas media anual, máxima y mínima mensual dentro del periodo de 1991-2020 de las estaciones climatológicas operando más cercanas del área de interés.

Clave y nombre de la estación climatológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Temperatura media mensual													
15350 La Troja Vieja	13.3	14.7	16.3	18.3	18.5	16.6	15.9	15.9	15.7	15.3	14.6	13.7	15.7
15328 Mazatepec	18.1	19.1	21.3	23.3	23.6	22.3	21.3	21.4	21.1	20.9	19.6	18.5	20.9
15301 Texcaltitlan	11.1	12.4	13.8	15.5	16.3	15.7	15.3	15.5	15.3	14.6	13	11.6	14.2
Temperatura máxima mensual													
15350 La Troja Vieja	18.5	20.5	22.7	25.3	24.9	21.2	20.1	20.1	19.7	19.4	19.3	18.6	20.9
15328 Mazatepec	25.8	27.2	30.1	32.6	31.7	28.6	27	27	26.3	26.5	26.3	26	27.9
15301 Texcaltitlán	19.2	21.1	22.6	24.4	24.1	21.2	21	21.2	20.7	21.1	20.6	19.8	21.4
Temperatura mínima mensual													
15350 La Troja Vieja	8.2	8.9	9.8	11.2	12.1	12.1	11.6	11.6	11.6	11.1	9.9	8.9	10.6
15328 Mazatepec	10.4	11	12.4	14	15.6	16.1	15.7	15.9	15.9	15.2	13	11	13.8
15301 Texcaltitlán	3	3.7	4.9	6.6	8.6	10.2	9.7	9.7	9.8	8	5.4	3.4	6.9

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAGUA (2026a).

Dentro del mismo análisis se puede determinar que los meses más fríos dentro del periodo de 1991-2020 son octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero con un promedio de 15 °C, la temperatura asciende gradualmente hasta alcanzar un promedio mayor de 18 °C, correspondiente a los meses de marzo a junio, como se observa en la Gráfica 1.



Gráfica 1. Temperatura media mensual del periodo de 1991-2020 de las estaciones climatológicas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA (2026a).

b) Precipitación

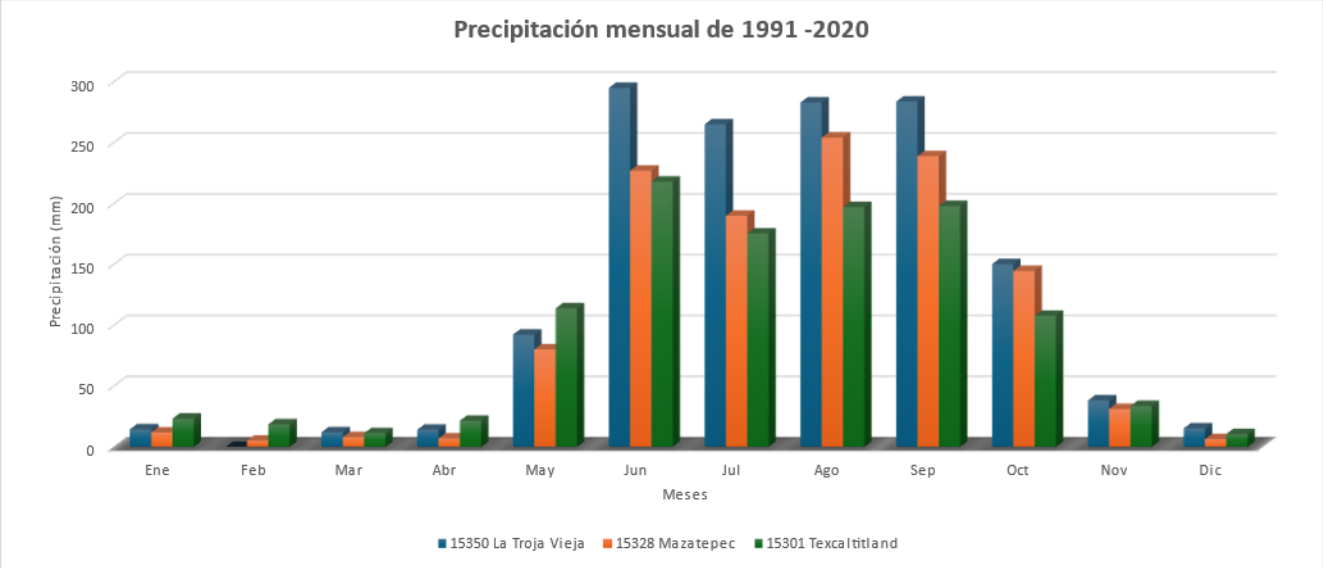
Respecto al análisis para determinar la precipitación dentro del SA, se consultaron los datos de las estaciones climatológicas ya mencionadas, de las cuales se obtuvieron los valores de la precipitación media mensual dentro del periodo de 1991- 2020, dichos valores se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Valores de precipitación (mm) media mensual del periodo de 1991-2020 de las estaciones climatológicas.

Clave y nombre de la estación climatológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
15350 La Troja Vieja	14.4	16.1	12	14.1	92.3	295	265	282.9	283.7	150.1	38.1	15.2	1462.8
15328 Mazatepec	11.9	5.2	8	7	80.1	226.8	189.9	254.1	238.8	144.5	31.2	6.4	1203.9
15301 Texcaltitlán	23.2	18.5	11.2	21.5	113.8	217.9	175.3	197	197.9	107.7	33.6	10.6	1128.2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA (2026a).

De acuerdo con los datos capturados, se identifica que, los meses en los que cae menor precipitación corresponde a diciembre, enero, febrero, marzo y abril, mientras que la temporada de lluvias es en los meses de junio a octubre (Gráfica 2). El registro anual del total de lluvia que cae en las tres estaciones es de entre 1,100 mm a 1,400 mm. Las precipitaciones menores mensuales corresponden entre 5 mm a 15 mm, mientras que los registros mayores son de 295 mm a 250 mm.



Gráfica 2. Precipitación total anual de las estaciones climatológicas en el periodo de 1991-2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA (2026a).

c) Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometereológicos son formados por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. Entre los principales se encuentra la lluvia, nieve, granizo, neblina, rocío, escarcha entre otros. En el caso de las sequías es una situación climatológica anormal que se da por la falta de precipitación en una zona, durante un periodo de tiempo prolongado.

- **Sequia**

Es un periodo de tiempo en el cual hay un déficit de agua, por lo que llega a afectar las actividades humanas. Desde el punto de vista meteorológico, este fenómeno se presenta cuando la precipitación acumulada durante un periodo de tiempo es menor al promedio que se tiene a largo plazo. Por otra parte, desde el punto de vista hidrológico, la sequía hace referencia a un déficit de agua, incluyendo precipitación, escurrimiento superficial y flujo subterráneo, por lo que se puede presentar afectaciones severas a la población, con repercusiones a largo plazo. De acuerdo con el Monitor de Sequía en México, a cargo de la CONAGUA (2026b), en el municipio de Sultepec en los meses de enero a agosto del 2024, se presentaron los meses con mayor sequía en el municipio.

- **Heladas**

Este fenómeno es producido por masas de aire polar, con poco contenido de humedad, cuando el aire alcanza temperaturas inferiores a los cero grados, mientras más bajo sea la temperatura más intensa resulta la helada. De acuerdo con el Sistema Nacional de la Información Sobre Riesgos del CENAPRED (2026) en el área de estudio y alrededores, presenta un índice de días con heladas de nivel medio con un número de 61 a 120 días.

❖ **Tormentas de granizo**

El granizo es el tipo de precipitación que consiste en granos de hielo con un diámetro que varía entre 2 y 13 mm, mayormente esféricos, los cuales se forman en las nubes denominadas cumulonimbus, en alturas superiores al nivel de congelación. Las partículas crecen debido a las constantes colisiones con el agua que se encuentra a una temperatura inferior a la del punto de solidificación pero que mantiene su estado líquido. De acuerdo con el CENAPRED (2026) en la zona presenta un índice de peligro de alto.

❖ **Ciclones tropicales**

Los huracanes son los más severos de los fenómenos meteorológicos y se conocen como ciclones tropicales, los cuales son un sistema de baja presión con actividad lluviosa y eléctrica cuyos vientos rotan antihorariamente en el hemisferio norte y viceversa en el hemisferio sur. Cuando un ciclón tropical tiene vientos menores o iguales a 62 km/h es llamado depresión tropical, cuando los vientos alcanzan velocidades de 63 a 117 km/h se llama tormenta y al exceder los 118 km/h se convierte en huracán.

De acuerdo con datos del Sistema Historical Hurricane Tracks de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2026, por sus siglas en inglés), el área del sistema ambiental no ha sido afectado por fenómenos de este tipo, sin embargo, en un radio de 150 km a la redonda del municipio de Sultepec, ha sido afectado por cuatro fenómenos de esta índole, descritos en la Tabla 17.

Tabla 17. Datos de los ciclones tropicales en un radio de 150 km del área de interés.

Categoría máxima	Nombre	Fecha de inicio	Fecha de término	Velocidad máxima de vientos (km/h)
Huracán categoría 5	Otis	21/10/2023	25/10/2023	268.54
Huracán categoría 2	Carlota	13/06/2012	17/06/2012	175.94
Huracán categoría 5	Cosme	18/06/1989	23/06/1989	138.9
Tormenta tropical	Claudia	26/06/1973	30/06/1973	101.86

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la NOAA (2026).

❖ **Inundaciones**

De acuerdo a la información dada por el Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos por parte del CENAPRED (2026), en la región donde se encuentra el SA tiene un índice de vulnerabilidad y de peligro por inundaciones muy bajo, por lo que, no se encuentra con puntos críticos de inundación.

IV.II.1.2 Geología

El área de interés se localiza dentro de la Provincia Geológica Faja Volcánica Transmexicana (Ortega Gutiérrez et. al., 1992), y sobre el terreno tectonoestrigráfico Transmexicano (Campa & Coney, 1983), a continuación, se describe brevemente.

La Faja Volcánica Transmexicana es un arco volcánico que se desarrolló sobre el margen sudoccidental de la placa de Norteamérica como resultado de la subducción de las placas Rivera y Cocos a lo largo de la trinchera de Acapulco. Abarca los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla y Veracruz, se orienta oeste-este y está constituido por rocas ígneas del Neógeno, formando la caldera más extensa de México (Aranda García et al., 2010; Ferrari, 2000).

De acuerdo al Plano Geológico, escala 1:5,000 elaborado por la Gerencia de Evaluación Minera del SGM, con base en las cartas geológico-minera Tejupilco de Hidalgo E14-A56 y la Ixtapan de la Sal E14-A57 del Estado de México, escala 1:50,000, muestra a semidetalle la zona mineralizada del área de interés como se observa en la Figura 18, se encuentra aflorando litologías que corresponden a basaltos, riolitas, calizas-lutitas, esquistos-filitas.

➢ Estratigrafía

A continuación, se describen las unidades litológicas que se exponen en la zona, en orden de la más antigua a la más joven.

- **Esquisto Tejupilco (TRJ(¿) E-Pz)**

Esta litología es la más antigua, con una edad que abarca del Triásico superior al Jurásico inferior. Las rocas que la componen son una secuencia volcanosedimentaria que presenta un metamorfismo de bajo grado de la facie de esquistos verdes, que afloran en la mayor parte del área de interés.

La unidad se caracteriza por contener esquistos cuarzo feldespáticos de microclina, moscovita, clorita, granate, filitas grafíticas, esquistos de biotita, esquistos de tremolita-actinolita, metariolita y mármol. En el cauce del Río Temascaltepec esta unidad se describe como una gruesa secuencia de aproximadamente 1,500 m de espesor, compuesta de filitas negras ricas en granito que afloran al norte del municipio de Tejupilco de Hidalgo; por otra parte, en áreas aledañas al poblado de Temascaltepec se describen filitas y pizarras carbonosas que varían a pizarras calcáreas, las cuales se correlacionan litológicamente con la parte superior de la secuencia metamórfica que se encuentra en el área de estudio.

- **Caliza-lutita (kiCz-Ar)**

Estas unidades pertenecen al Cretácico inferior y afloran en una franja reducida en el extremo sureste del área de interés, próxima al poblado de La Unión. Se caracteriza por una alternancia de caliza arcillosa con estratificación laminar a delgada, ocasionalmente gruesa en estratos que no sobrepasan los 20 cm, interestratificada con arenisca calcárea, lutitas en capas delgadas y presentan, y muestran deformación intensa con zonas de plegamiento marcado.

La caliza presenta una coloración gris, estructura compacta y se observa vetilleo de calcita y esporádicos óxidos, las lutitas son de color obscuro, textura clástica y estructura compacta, se observan esporádicos óxidos en los planos de estratificación.

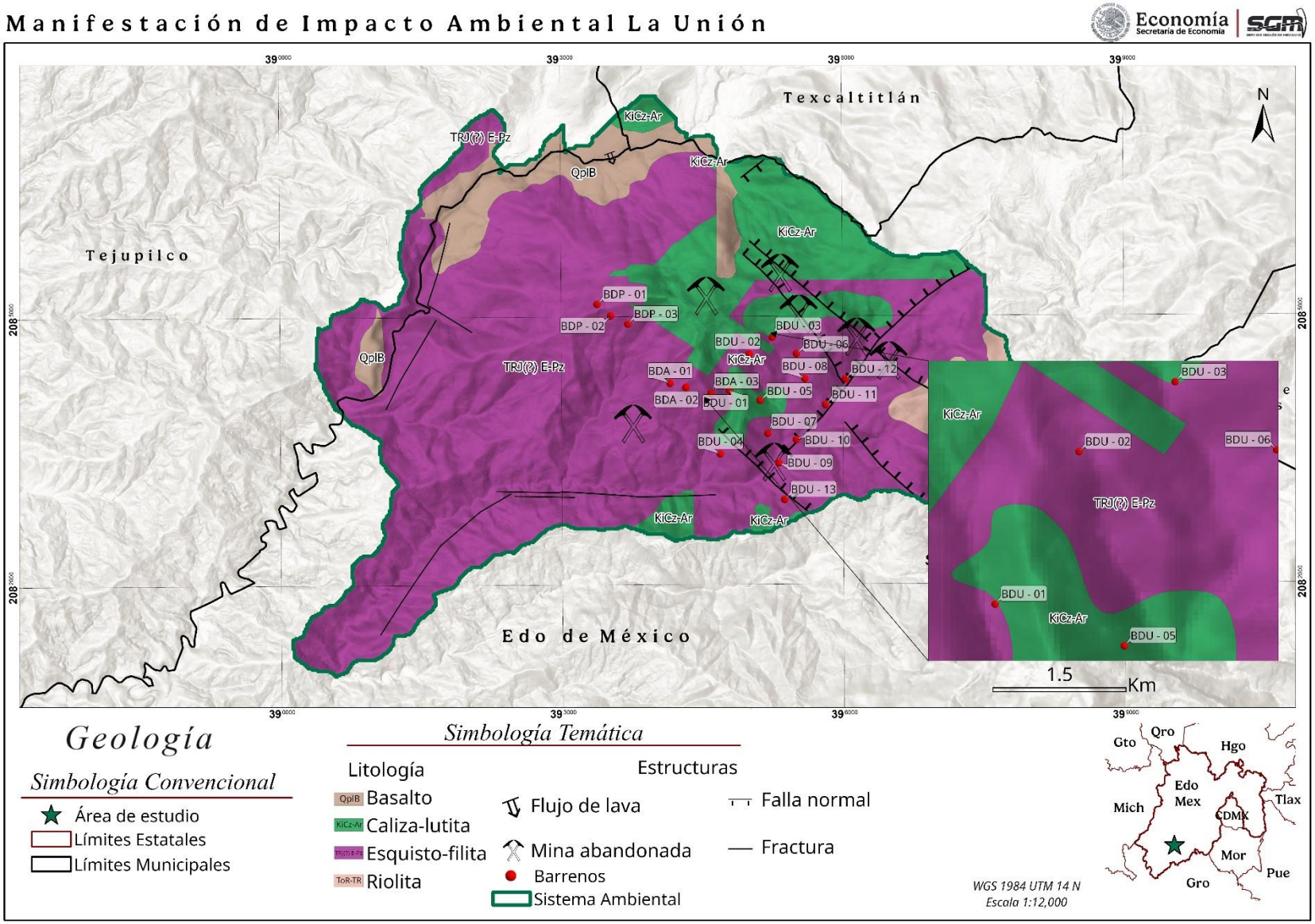


Figura 18. Mapa geológico del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Evaluación Minera.

❖ **Riolita Tilzapotla (ToR-TR)**

Esta unidad corresponde al Oligoceno y aflora en la porción sureste del área. Está formada por afloramientos de riolita y toba riolítica. La riolita presenta colores claros, desde blanco hasta rosa; tiene textura afanítica y estructura compacta, y contiene cuarzo, óxidos, vidrio y micas (biotita). La toba muestra una tonalidad blanca-crema, textura fanerítica y estructura compacta; en ella se observan cuarzo, fragmentos de roca, vidrio, óxidos de hierro y micas.

❖ **Basalto (QplB)**

Esta unidad aflora únicamente en la zona noroeste y es la más joven del área, perteneciendo al Pleistoceno. En una pequeña localidad cercana al poblado de Pantoja cubre a la filita grafítica del esquisto Tejupilco. Presenta color oscuro, textura afanítica y estructura compacta, con sectores de fuerte oxidación. El espesor aproximado es de 40 m.

De acuerdo al arreglo de la plantilla de barrenación, en la Tabla 18 se presenta en que litología se encuentra cada uno de los barrenos.

Tabla 18. Litología en las que se encuentran los barrenos.

Litología	Barreno
Esquisto Tejupilco (TRJ(?) E-Pz)	BDU-01, BDU-02, BDU-04, BDU-06, BDU-07, BDU-08, BDU-09, BDU-10, BDU-11, BDU-12, BDU-13, BDP-01, BDP-02, BDP-03, BDA-01, BDA-02, BDA-03
Caliza-lutita (KiCz-Ar)	BDU-03, BDU-05

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Gerencia de Evaluación Minera.

➢ Geología estructural.

❖ **Deformación dúctil**

Los elementos estructurales más notables de la secuencia metamórfica son una foliación regional, generalmente plegada, junto con micropliegues y mesopliegues en varios niveles filíticos y en algunos esquistos. Con menor frecuencia aparece una lineación definida por los ejes de micropliegues. Como deformaciones posteriores se identifican una pequeña cabalgadura, mesopliegues adicionales y corrimientos locales asociados a fallas inversas menores con zonas de brechamiento, además de fallas normales a distintas escalas.

A partir de observaciones en afloramiento y a nivel microscópico, se reconocen tres fases de deformación compresional y una fase distensiva posterior. Las dos primeras fases compresionales muestran metamorfismo asociado.

❖ **Deformación frágil**

La región fue afectada por tectónica compresiva laramídica, provocando polideformación en la secuencia volcanosedimentaria, seguida por una tectónica extensiva que generó fracturamiento preferente y generalizado NW 45°–60° SE, con buzamientos de 45°–75° NE. Esta segunda deformación facilitó el emplazamiento de cuerpos plutónicos durante el Paleógeno —troncos y diques, así como flujos de lava y piroclastos. Esta litología está temporalmente asociada al magmatismo de la Sierra Madre Oriental, derivado de la subducción de la paleo-trinchera del Pacífico.

➢ Geología Económica

Con base en el reconocimiento geológico-minero del área de interés, se identificó un depósito epitermal. En estos depósitos los fluidos circulan principalmente por fracturas y conductos, donde la mineralización suele rellenar dichas venas; en otros casos los minerales se concentran en niveles de roca permeable y mineralizan estratos competentes. En los sistemas de baja sulfuración los fluidos típicamente generan vetas de relleno con metales preciosos y redes de vetillas más finas (stockwork).

En el yacimiento local, los cuerpos plutónicos emplazados fueron fértiles y propiciaron alteración hidrotermal y precipitación de mineralización de valor aurífero y argentífero, manifestada como vetas, brechas hidrotermales y, en ocasiones, brechas de colapso. Se han identificado cuarzo, sulfuros (pirita, calcopirita, galena, esfalerita) y minerales carbonatados de cobre (malaquita, azurita).

Respecto a las actividades mineras, de acuerdo a las cartas geológico-minera de Tejupilco de Hidalgo E14-A56 escala 1:50,000 (SGM, 1996) e Ixtapan de la Sal E14-A57 escala 1:50,000 (SGM, 2013), se identifican siete minas abandonadas. Estas minas pueden describirse en conjunto, ya que comparten características esenciales: son depósitos hidrotermales controlados por sistemas de falla con rumbo preferente NW–SE y NE–SW, y se presentan principalmente como vetas de cuarzo (masivas, cristalinas u oquerosas) y zonas de diseminación asociadas a cuerpos subvolcánicos riolíticos. Las vetas se alojan en unidades metamórficas, sedimentarias y riolíticas, principalmente metarenisca, filita y pizarra (Formación Acapetlahuaya), y metacaliza–metalutita (Formación Amatepec), y muestran texturas que van desde vetas masivas y crestones silicificados hasta bandeado de cuarzo. La ganga está dominada por cuarzo, calcita y pirita; la mineralización hipogénica incluye esfalerita, galena (frecuentemente argentífera), pirita, calcopirita, tetraedrita, proustita y bornita, mientras que la supergénesis se expresa por óxidos de hierro (limonita), malaquita y calcantita. Las alteraciones más comunes son la silicificación y la argilitización, con evidencias locales de propilitización. En conjunto, los cuerpos constituyen un sistema de mineralización polimetálica (Zn, Pb, Cu, Ag, Au) típico de depósitos hidrotermales epitermales a mesotermales, controlados estructuralmente.

De acuerdo con los datos de la Gerencia de Evaluación Minera del SGM, dentro de la SA se identifican doce obras mineras de interés económico para el estudio, teniendo varias características en común, por lo que se pueden describir en conjunto de la siguiente forma:

Las obras mineras descritas se agrupan como sistemas hidrotermales epitermales a mesotermales desarrollados principalmente en filita grafítica y esquistos (esquisto Tejupilco), con lentes locales de caliza y diques riolíticos asociados. La mineralización se manifiesta mayoritariamente en vetas y brechas de cuarzo (vetillas, crestones y brechas cementadas) y, en menor grado, como diseminación de sulfuros entre planos de foliación. Los sulfuros dominantes son pirita, galena y esfalerita, acompañados localmente por pirrotita, calcopirita y ocasionales carbonatos de cobre y cuarzo amatista; la meteorización ha generado óxidos de hierro dispersos.

Estructuralmente, las obras se controlan por fallamiento y plegamiento local, con vetas de alto tenor en brechas cuarzo–filita y ramificaciones secundarias en sectores adyacentes. En conjunto, las características litológico-estructurales y mineralógicas permiten describir las múltiples obras como una serie de cuerpos mineralizados análogos, diferenciables solo por detalles de textura, grado de oxidación y la presencia puntual de intrusivos riolíticos.

❖ Geomorfología y Fisiografía

El área de estudio se ubica dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, y sobre la subprovincia fisiográfica Depresión del Balsas.

❖ Provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur

La provincia presenta una orientación noreste-sureste, limita al norte con el Eje Neovolcánico, al este con la Llanura Costera del Golfo Sur y la Cordillera Centroamericana, al sur y oeste con el Océano Pacifico. Se extiende en forma de una franja de aproximadamente 1,000 km de longitud, con unos 50 km de ancho mínimo y 250 km de ancho máximo, que cubre bordeando la costa sur de la República Mexicana. Es una de las regiones más complejas del país en cuanto a su origen geológico y se debe mucho a su relación con la placa de Cocos, la cual es una de las placas móviles que integra la corteza exterior terrestre. Dicha placa emerge a las superficies litosférica en el fondo del Océano Pacífico al sureste de las costas mexicanas, hacia las que en forma lenta se desplaza (2-3 cm/año) para encontrar a lo largo de las mismas el sitio de subducción, donde buza de nuevo hacia el interior de la corteza, a esto se debe la fuerte sismicidad que manifiesta en la provincia. Litológicamente es una región de gran complejidad, en las rocas intrusivas (granitos) y metamórficas cobran una importancia mucho mayor que en la mayoría de las provincias del norte del país (INEGI, 2001c).

❖ Subprovincia fisiográfica Depresión del Balsas

Esta subprovincia se extiende desde el sur de Morelia y Ciudad de Hidalgo, Michoacán, e Ixtapa de Oro, Estado de México, hasta los márgenes del Río Balsas. De esta forma, en una distancia de 96 a 135 km desciende de 2,500 msnm. Este declive es surcado por las cañadas de los ríos Tacámbaro, Cutzamala y Sultepec. La litología de la unidad es bastante compleja ya que comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (INEGI, 2001c).

La geomorfología presenta en la zona donde incide el SA y por ende los puntos de barrenación es un conjunto de elevaciones que superan los 2,000 msnm, que conforman un sistema geomorfológico de sierra, como se observa en la Figura 19.

La geoforma que caracteriza la zona de los puntos de barrenación, corresponde a un SA montañoso fuertemente modelado por erosión fluvial: se observan múltiples valles en “V” de perfil estrecho y pendiente pronunciada que converge hacia el eje principal del drenaje, intercalados con lomas y crestas afiladas que delimitan las subcuencas.

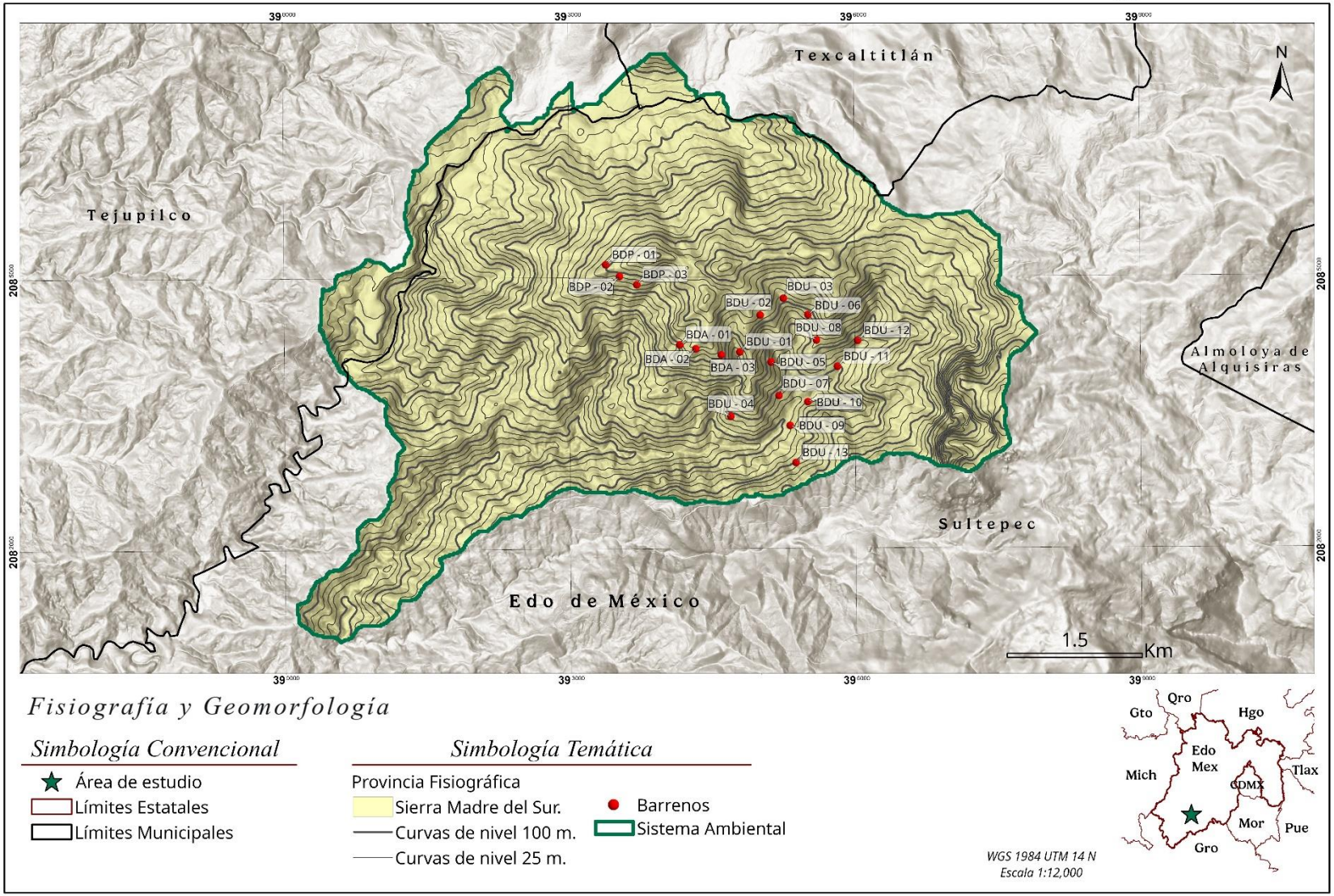


Figura 19. Provincias fisiográficas y geomorfología que inciden en el SA.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2001a).

❖ Relieve y pendiente

Para el análisis del relieve y pendiente del terreno dentro del área de interés, se ocupó el sistema de topoformas de INEGI (2001a), con el que se identificó la incidencia del sistema de topoforma de sierra alta compleja con cañadas, dentro de un gradiente altitudinal que oscila entre los 2,400 a 1,380 msnm.

La sierra alta compleja con cañadas se representa como una línea de montañas, posee una topoforma con una altitud mayor al entorno geográfico, es denominada compleja por que la conforman rocas volcanosedimentarias con metamorfismo de bajo grado y rocas volcánicas. Con cañadas se refiere a que presenta valles profundos y estrechos entre las montañas elevadas y escarpadas (INEGI, 2001b).

De acuerdo con el contexto geomorfológico y el relieve, la planilla de barrenación está distribuida en una zona característica de valle fluvial. Los puntos BDU-13, DBU-09, BDU-10, BDU-11, BDU-12, BDU-04 y BDU-07 se ubican en la parte interior de un valle y presentan pendientes moderadas a suaves. Los puntos BDU-05, BDU-08, BDU-06, BDU-03 y BDU-02 se localizan en un valle adyacente que muestra una morfología más cerrada, aproximándose a la forma de una cuenca. Los puntos BDU-01, BDA-03, BDA-02 y BDA-01 se encuentran en una zona de transición entre valle y lomerío (sierra), donde la inclinación del terreno aumenta. Finalmente, los barrenos BDP-01, BDP-02 y BDP-03 están situados sobre una cresta de la sierra, en la cota más alta del terreno, y se caracterizan por pendientes pronunciadas, como se muestra en la Figura 20.

A partir del análisis del modelo de elevación, las condiciones del relieve y geomorfología de la zona de interés, la pendiente se puede clasificar como baja (>9.9°), media baja (9.9°-16.3°), media (16.3°-26.25°), media alta (26.2°-41.85°) y alta (66.3°). Bajo este contexto se identificó que 13 planillas presentan pendiente media alta, 5 con pendiente media y 1 con pendiente media baja, como se puede observar en la Figura 21.

Es de suma importancia señalar que la barrenación es una técnica que no causará ninguna afectación a el medio geológico, geomorfológico y estabilidad de pendiente o del relieve, ya que, por sus características, la barrenación se considera de dimensiones minúsculas en cuanto al diámetro de perforación, cabe señalar que al cabo del término de las actividades de barrenación, cada boca del barreno quedará tapada con un tubo de PVC (con tapa) y sellado con una pequeña losa de cemento, para que de esta manera se pueda evitar que se produzca contaminación al medio rocoso, además quedara señalada la posición de cada barreno en el terreno. Así mismo, por las labores del proyecto, no habrá erosión del sustrato rocoso, inestabilidad del terreno o algún riesgo geológico en el área de estudio.

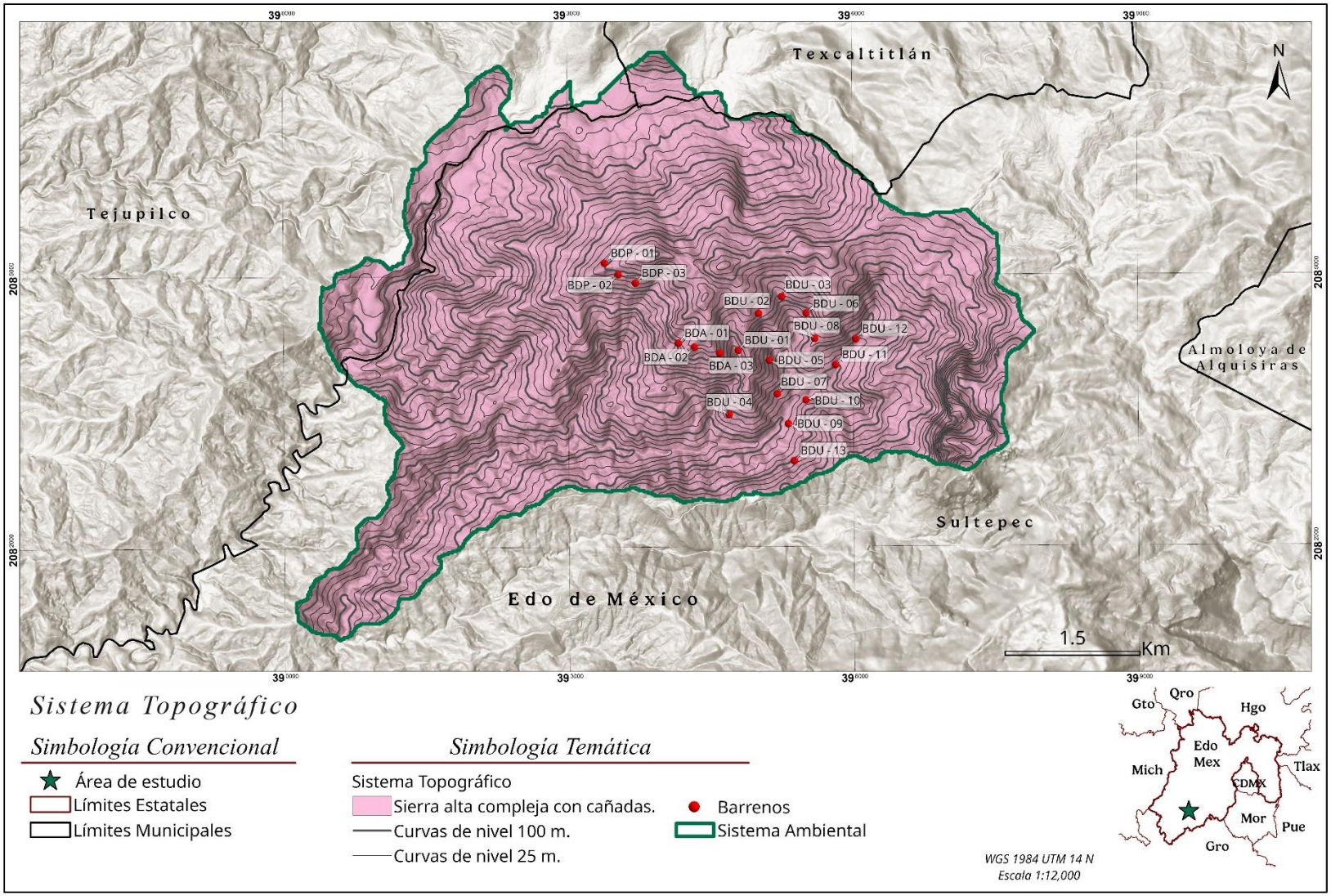


Figura 20. Sistema de topoformas dentro del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2001a).

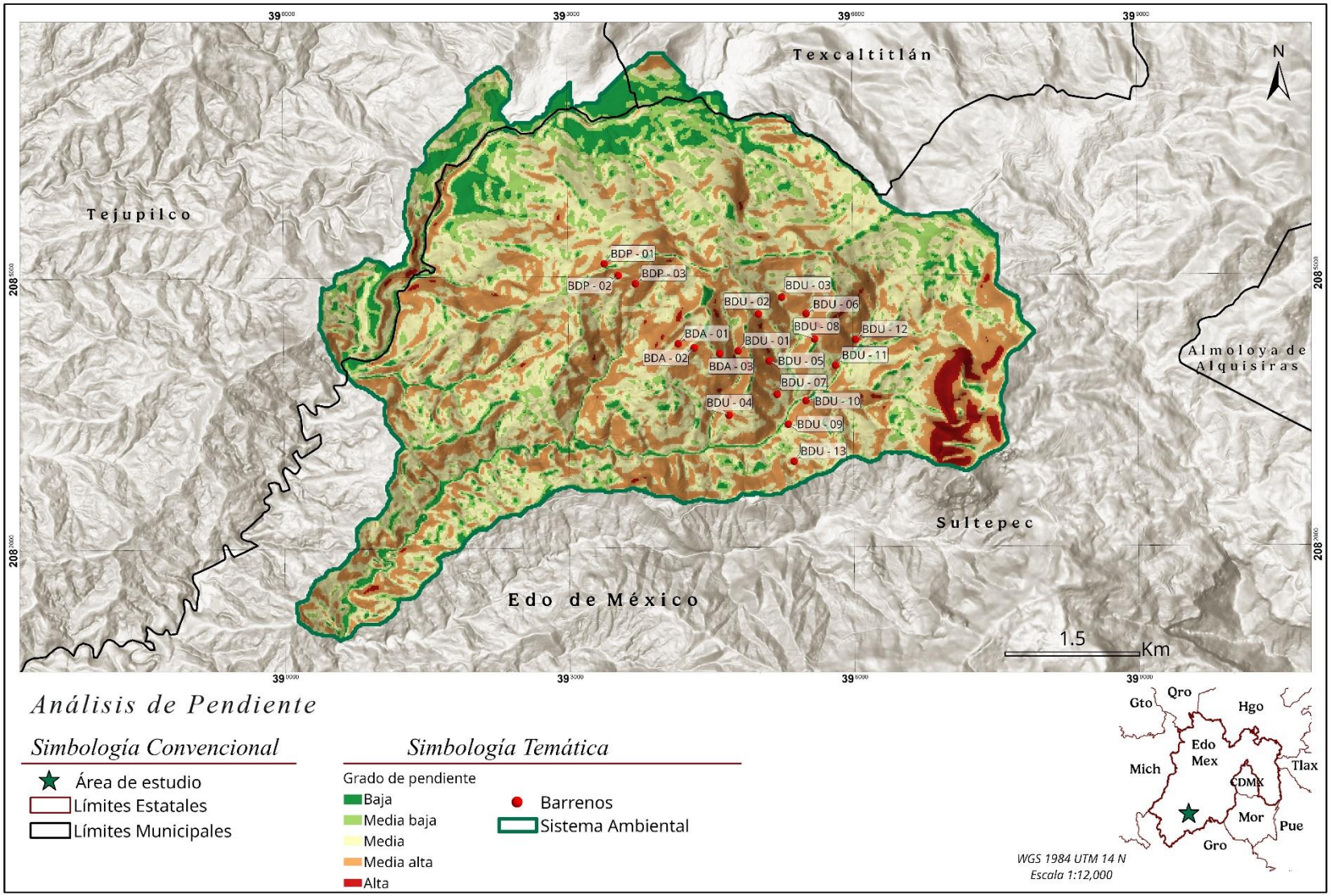


Figura 21. Clasificación del grado de pendiente dentro del sistema ambiental.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025).

❖ Susceptibilidad

❖ Sismos

El Estado de México geológicamente se sitúa en el Sistema Volcánico Transversal, caracterizado por la placa continental de Cocos, a partir de la cual se desarrollan grandes sistemas de fallas y fracturas, asociadas a procesos volcánicos activos e inactivos, al igual que una dinámica actividad sísmica (Madrigal Uribe et al., 2010).

De acuerdo al Servicio Sismológico Nacional (UNAM, 2026), se han registrado 79 sismos en el periodo de 1980 al 2025, en un radio de 50 km a la redonda del municipio de Sultepec. Los sismos han sido de magnitud que va desde 2.9 a 4.5 con epicentros cercanos a Teloloapan, Arcelia, Valle de Bravo, Tejupilco, Taxco e Ixtapa de la Sal. Los eventos sísmicos de mayor magnitud fueron registrados en noviembre de 2016 con una magnitud de 4.1 a una profundidad de 67.7 km a 25 km al sur de Tejupilco; en mayo de 2007 con una magnitud de 4.5 a 55 km a 22 km al noreste de Teloloapan; y en agoto de 2024 con una magnitud de 4.4 a 69.9 km de profundidad a 13 km al noreste de Teloloapan.

De acuerdo al sistema nacional de información sobre riesgo, los municipios de Tejupilco y Sultepec se encuentran dentro de la región sísmica zona C, con un indicador de peligro alto y un índice global de intensidad de VII en la escala de Mercalli (CENAPRED, 2026).

❖ Deslizamientos de ladera (caída o derrumbes, deslizamientos y flujos)

El fenómeno de deslizamientos de laderas, con su movimiento pendiente hacia debajo de suelos o rocas, constituye una amenaza geotécnica significativa en los municipios de Tejupilco y Sultepec. De acuerdo al mapa nacional de susceptibilidad por inestabilidad de laderas (CENAPRED, 2026) en las zonas planas o de poca pendiente presentan un índice de muy bajo grado de susceptibilidad; el nivel medio corresponde a las áreas con pendiente moderado; y el nivel de alto grado corresponde a las porciones con pendientes abruptas, ubicados entre las cotas de mayor elevación y los de menor altitud.

IV.II.1.3 Edafología

Para el análisis de los tipos de suelos presentes en el área de interés, se utilizó el conjunto nacional de información edafológica escala 1:150,000 serie III del INEGI (2024a), el cual utiliza como fundamento la clasificación del Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB, por sus siglas en inglés *Word Reference Base of Soil Resources*), utilizada como estándar internacional para los sistemas de clasificación de suelo, que fue aprobada por la Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS, por sus siglas en inglés), en donde se encontró la incidencia de cinco tipos de suelos en el SA, de los cuales solo tres inciden con los barrenos propuestos, como se observa en la Figura 22.

Para la descripción de las unidades edafológicas se utilizó la base referencial mundial del recurso suelo 2014, actualización 2015 (IUSS Working Group WRB, 2015) y la guía para la interpretación de cartografía: edafología escala 1:250,000 serie III INEGI (2014b).

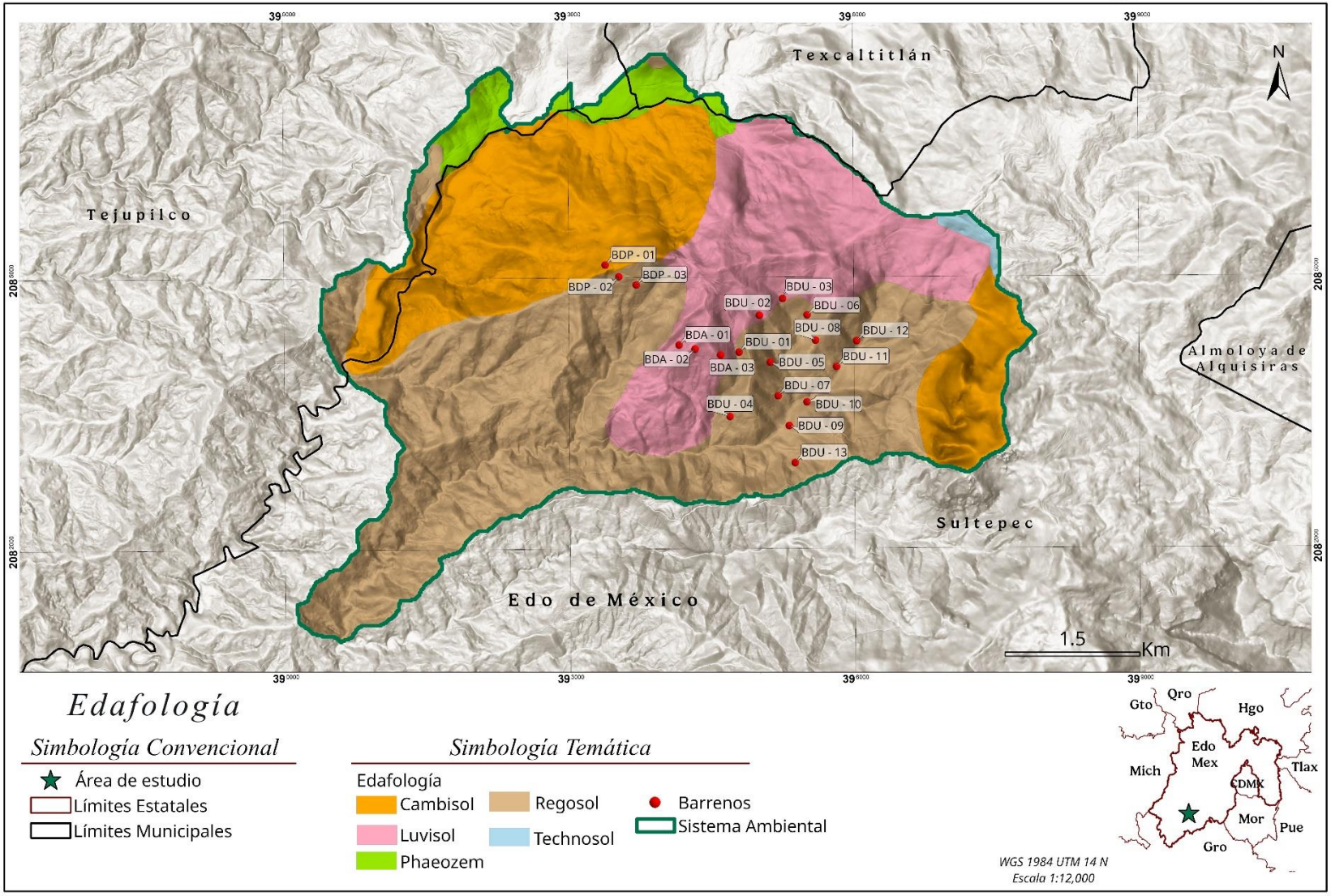


Figura 22. Tipos de suelo identificados en el área de estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2024).

❖ **Cambisol**

Son suelos con formación al menos de un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y coloración principalmente parduzca, el aumento de porcentajes de arcilla, y/o remoción de carbonatos. Con material parental de textura media y fina derivados de una amplia gama de rocas. El medio donde se desarrolla es en terrenos llanos a montañosos en todos los climas; amplia gama de tipos de vegetación (IUSS Working Group WRB, 2015). Para nuestro país se presenta como suelos jóvenes con un algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. Tiene en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente (INEGI, 2014b). Los podemos encontrar en nuestro SA en la porción este y noroeste, con solo un punto de barrenación que incide en este tipo de suelo, siendo el BDP-01(Figura 22).

❖ **Luvisol**

Los luvisols, tienen un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de procesos edafogénicos (especialmente migración de arcillas) que conduce a la formación de un horizonte argílico en el suelo subsuperficial. Tienen arcillas de alta actividad en todo el espesor del horizonte argílico y una alta saturación de bases en una profundidad de 50-100 cm. Su material parental es una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo till glaciar y depósitos eólicos, aluviales y coluviales. El medio en el que se desarrolla es en terrenos llanos o ligeramente inclinados en regiones templadas frías y en regiones cálidas con marcadas estaciones secas y húmedas (IUSS Working Group WRB, 2015). En México se presentan como suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Estos son generalmente fértiles para la agricultura y son el quinto grupo de suelos más extendido sobre nuestro país (INEGI, 2014b). Se extiende en la parte noreste de la SA, donde se encuentran los puntos de barrenación BDA-01, BDA-02, BDA-03, BDU-02 y BDU-03 (Figura 22).

❖ **Regosol**

Suelos poco desarrollados en materiales no consolidados que carecen de un horizonte móllico o úmbrico, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos, tampoco arenosos, ni con materiales flúvicos. Son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas, semiáridas y en terrenos montañosos. Su material parental es no consolidado, generalmente de grano fino. Se encuentra en todas las zonas climáticas sin permafrost y a todas altitudes. Estos suelos son particularmente comunes en zonas áridas (incluyendo los trópicos secos) y en regiones montañosas (IUSS Working Group WRB, 2015). Dentro de nuestro país se presentan como suelos 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 (INEGI, 2014b). Para nuestro SA la mayoría de este tipo de suelo se encuentra en la parte del suroeste y el resto en la parte sureste, conteniendo los barrenos BDP-02, BDP-03, BDU-04, BDU-01, BDU-13, BDU-09, BDU-07, BDU-05, BDU-10, BDU-11, BDU-08, BDU-06 y BDU-12 (Figura 22).

IV.II.1.4 Hidrología

➢ Recursos hidrológicos

En México se dividen en 37 Regiones Hidrológicas (RH) las cuales se definen a partir de grandes parte aguas del país, el área de interés se encuentra dentro de la **RH18 Balsas**. Para facilitar la administración del agua la CONAGUA agrupa estas RH en 13 Regiones Hidrológico Administrativas (RHA). Las planillas inciden en la **RHA IV Balsas**, sus características particulares de esta se describen a continuación (CONAGUA, 2026).

❖ **RH18 Balsas**

La región se sitúa en la parte centro del país, con una superficie de 118,268 km^2, abarcando ocho de los 32 estados, en su totalidad el estado de Morelos y particularmente los estados Tlaxcala, Guerrero, Michoacán, Puebla, Estado de México, Oaxaca y Jalisco. Se encuentra limitada por la Sierra Madre del Sur y la de Juárez, así como por el eje Neovolcánico; posee la forma de una depresión muy alargada, con valles muy angostos, cuyo territorio está formado en su mayor parte por elevaciones con fuertes pendientes. Tiene una precipitación anual de 947 mm durante el periodo de 1991-2020; un escurrimiento natural medio superficial interno y superficial total de 19,380.63 hm^3/año (Valencia Vargas, 2015).

El SA se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica **RH18G R. Cutzamala**, la cual comprende desde el nacimiento de los escurrimientos del Río Zitácuaro que desciende del eje volcánico en vertiente Occidental de las sierras de Angangueo y Zitácuaro en el estado de Michoacán, y del Río Tilostoc que se origina en el Estado de México, hasta la estación hidrométrica El Gallo. Se extiende en un área de 10,643 km^2. Presenta un volumen anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas debajo de 327.56 hm^3/año; un volumen anual actual comprometido agua abajo 365.51 hm^3/año; y una posibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica de -37.98 hm^3/año. Por lo que se clasifica sin disponibilidad (CONAGUA, 2023).

El SA se encuentra dentro de la Subcuenca **RH18Ge R. Ixtapan**, el cual tiene origen del arroyo El Zapote y río Verde que se unen para posteriormente cambiar su nombre a partir del poblado de La Salitrera. Las características de la subcuenca se observan en la Tabla 19.

Tabla 19. Principales características de la subcuenca RH18Ge R. Ixtapan.

Características	Subcuenca
Clave de la subcuenca	RH18Ge
Nombre de la subcuenca	R. Ixtapan
Tipo de subcuenca	Exorreica
Lugar donde drena (principal)	RH18Ga R. Cutzamala
Total de descargas (principal)	1
Área (km²)	1,695.35
Elevación máxima en la subcuenca(m)	2,960
Elevación mínima en la subcuenca (m)	300
Pendiente media de subcuenca	42.4

Características	Subcuenca
Elevación máxima de la corriente principal(m)	2,480
Elevación mínima de la corriente principal (m)	298
Longitud de la corriente principal (m)	161,855
Pendiente de la corriente principal (%)	1.348
Sinuosidad de la corriente principal	2.312596854

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2026)

➢ Hidrología Superficial

❖ Corrientes de agua y sus características geohidrológicas

De acuerdo al INEGI (2014a,2019), dentro del territorio que comprende el SA, se encuentra un conjunto de corrientes de agua tanto intermitentes como perennes, que por medio de las características del relieve y geomorfológicas presentan un patrón de drenaje tipo dendrítico. La dirección del flujo se encuentra dominada por las condiciones de la pendiente que caracteriza a la geoforma del valle fluvial, por lo que las corrientes se unen a las cuatro corrientes principales que se encuentran en el norte y el sur del SA (Figura 23).

Dentro del SA se localizan cuatro corrientes de agua principales: el arroyo La Hacienda de Guadalupe, el arroyo El Oro, el arroyo Barranca Amarilla y el arroyo La Unión. El primero, de condición perenne, se localiza al norte del área de interés; su dirección de flujo es noreste-noroeste y se origina en la unión del arroyo Chico y el río El Naranjo, a 200 metros fuera del área. Continúa 4.36 km hasta unirse con el río San Hipólito. El segundo nace dentro del SA, en la zona este, y se ve enriquecido por corrientes intermitentes a lo largo del valle hasta unirse con las corrientes La Unión y Barranca Amarilla. El tercero nace en la parte central, la más alta del área; recibe corrientes menores intermitentes y fluye del noreste al suroeste hasta unirse con La Unión. El cuarto, perenne, surge de la confluencia de El Oro y Barranca Amarilla y fluye suroeste recorriendo 1.45 km fuera del SA hasta unirse con el río San Hipólito.

Según el contexto geológico, los arroyos El Oro, Barranca Amarilla y La Unión drenan sobre rocas metamórficas del esquisto Tejupilco (JiE–Pz), que presenta fallas normales y fracturas en la región; por ello la permeabilidad puede ser moderada, aunque la mayor parte del caudal discurre en superficie sobre la litología. El arroyo La Hacienda de Guadalupe atraviesa dos litologías: esquisto Tejupilco (JiE–Pz) y basalto (QplB), ambas con bajo fracturamiento y, por ende, permeabilidad prácticamente nula; en estas unidades el agua de precipitación es principalmente superficial, ya que el subsuelo actúa como barrera al flujo descendente.

Con base en la distribución de las planillas de barrenación, los puntos de interés se localizan principalmente cerca de dos de las cuatro corrientes principales: el arroyo Barranca Amarilla y el arroyo El Oro. A menos de 200 m de cualquiera de estos arroyos se ubican los puntos BDP-03, BDU-09, BDU-10, BDU-11 y BDU-12. El resto de los puntos se sitúa próximo a corrientes intermitentes menores (véase Figura 23).

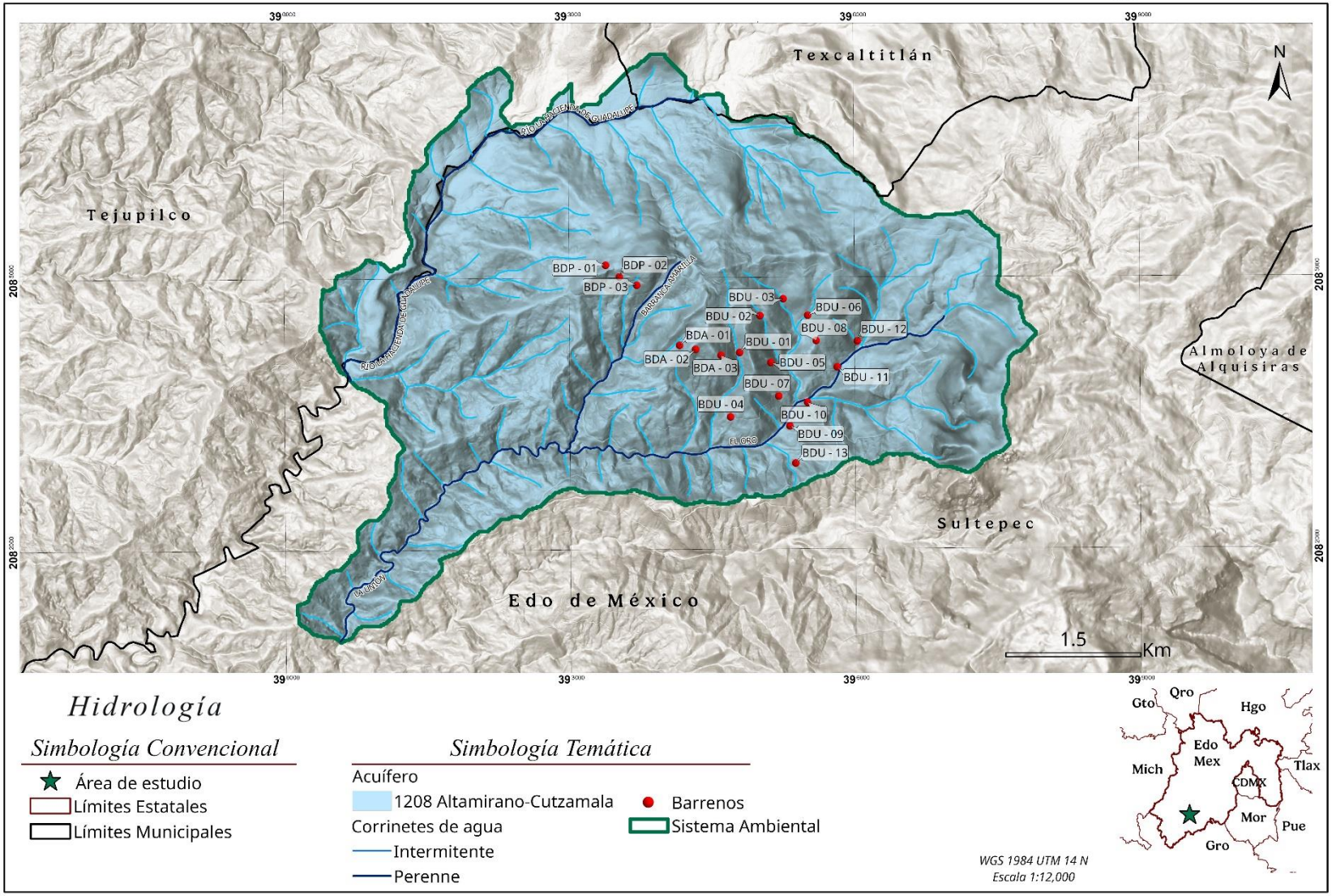


Figura 23. Red hidrológica superficial y acuífero que inciden dentro del área de interés.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014a, 2019).

❖ **Embalses y cuerpos de agua**

Tomando los datos del INEGI (2014a, 2019) y de la red hidrográfica edición 2.0 de la RH18, dentro y los rededores del SA no se identifican cuerpos de agua.

❖ **Calidad del agua superficial**

Conforme a la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (CONAMECA) no se tienen datos sobre la calidad del agua superficial en área de estudio.

De acuerdo con las actividades de uso de caminos, veredas existentes y la instalación de maquinaria en las plantillas de barrenación, no se considera algún impacto sobre la calidad del agua superficial de las corrientes de agua identificadas. En cuanto al agua utilizada para la barrenación, está será ocupada de las localidades más cercanas y misma que se decantará para separar las arcillas utilizadas en la perforación y será recirculada en el proceso, con el objetivo de utilizar el agua mínima necesaria para los trabajos.

➢ Hidrología subterránea

El SA se encuentra dentro del acuífero **1208 Altamirano-Cutzamala**; el cual se ubica en la porción noroccidental del estado de Guerrero, cuenta con una superficie aproximada de 5,856 km^2. Estando compuesto por rocas metamórficas, sedimentarias marinas, ígneas extrusivas y en menor porción rocas ígneas intrusivas, con una evolución sedimentológica marcada por medio de fallas de cabalgadura o bien por fallas laterales inversas.

❖ **Características geohidrológicas**

De acuerdo con la CONAGUA (2024) el acuífero 1208 Altamirano-Cutzamala se encuentra constituido por dos unidades hidrogeológicas, las cuales dan las características de un acuífero de tipo libre. La parte superior estando conformada por un medio granular poroso conformado por los depósitos aluviales, fluviales y conglomerados de granulometría diversa, no consolidados y semi-consolidados. Estos materiales presentan permeabilidad media baja y se ubican en los cauces de los ríos y arroyos, así como en los pequeños valles intermontanos.

La porción inferior se aloja en un medio fracturado constituido por rocas volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y alteración.

❖ **Recarga y flujo subterráneo**

La recarga y el flujo del agua dentro del acuífero está determinada por las características geomorfológicas, litológicas y estructurales. En cuanto a las recargas están integradas por la recarga natural que se produce por efecto de la infiltración de la lluvia que se precipita en el valle y a lo largo de los escurrimientos de los arroyos y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo. Al no tener valores más allá del año 2013, solo se sabe que en la zona de balance Altamirano la dirección del flujo subterráneo es sureste-noreste, paralela a la dirección del escurrimiento del río Balsas, con alimentaciones provenientes de los flancos noreste, hacia el río Cutzamala.

❖ **Nivel estático y piezometría**

La configuración de elevación para el acuífero Altamirano-Cutzamala realizado en 2013, presenta valores que varían de 230 a 375 msnm, decreciendo de las partes topográficamente más altas ubicadas al noroeste, noreste y este en las zonas Arroyo Grande, Zacapuato y Altamirano, respectivamente, hacia el este y suroeste en las zonas Arroyo Grande y Zacapuato respectivamente.

Estos datos no permiten especificar el valor real de la profundidad o elevación del nivel estático del acuífero dentro del área de interés, por lo que en caso de llegar al nivel estático se dará aviso a la CONAGUA y se suspenderán las labores de exploración en el sitio de barrenación.

De acuerdo con la CONAGUA (2026), el acuífero presenta una recarga total media anual de 85.80 hm^3/año; una descarga natural comprometida de 40.8 hm^3/año; un volumen de extracción de aguas subterráneas de 13.08 hm^3/año; con una disponibilidad de 31.92 hm^3/año, clasificándose con disponibilidad y subexplotado.

IV.II.2 Aspectos bióticos

IV.II.2.1 Vegetación

Derivado del análisis realizado sobre el Uso de Suelo y Vegetación serie VII del (INEGI, 2021b), se determinó que, en el SA se encuentran cinco tipos de vegetación natural, así como superficies con uso de suelo correspondientes a pastizal inducido y agricultura de temporal. De los cuales el pastizal inducido ocupa un 25.57% de la superficie del SA, la vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino abarcando 21.08%, bosque de pino-encino con 18.19%, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino con 13.09%, agricultura de temporal anual con 11.08%, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con 9.57% y bosque de encino con 1.42% (Figura 24).

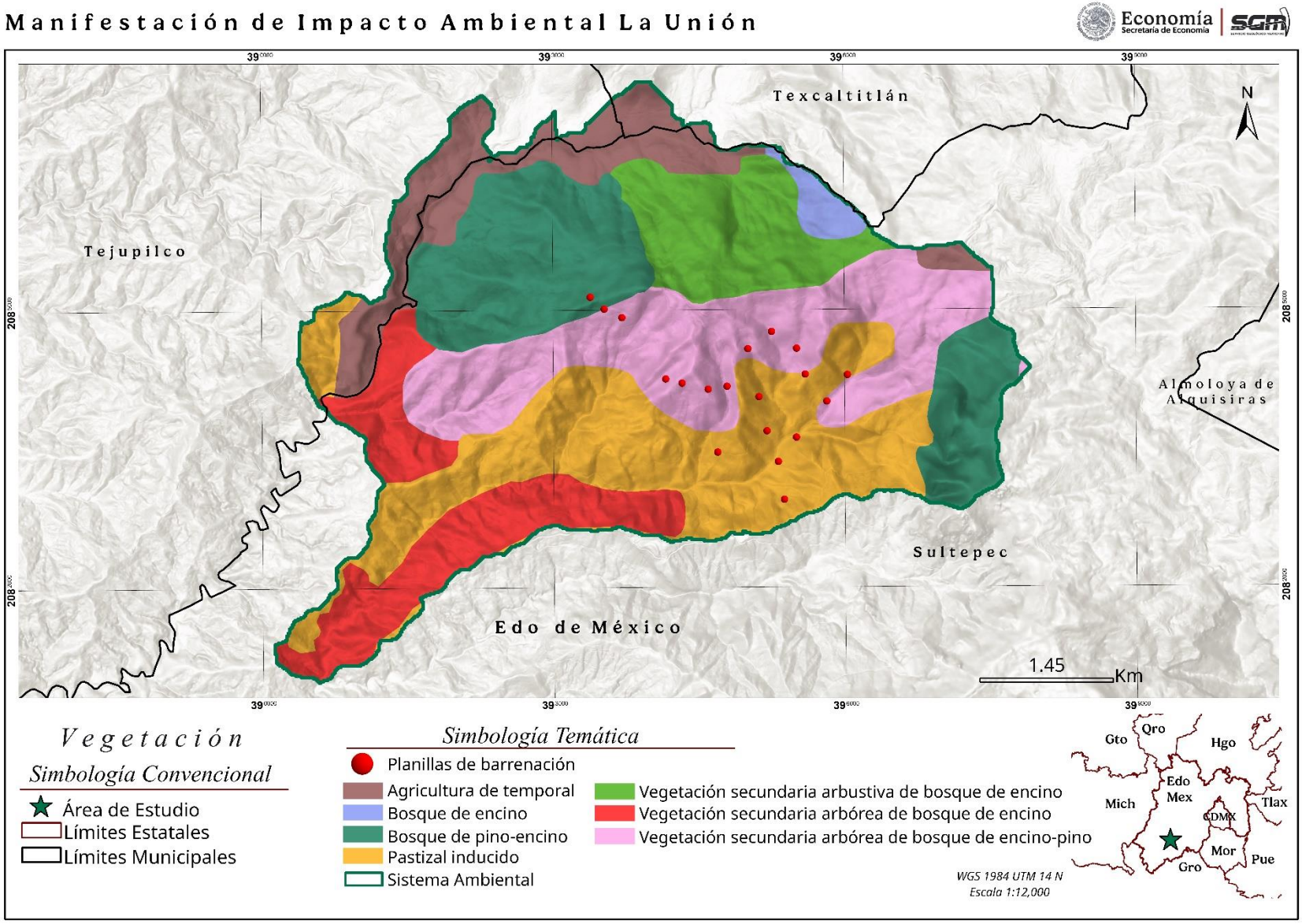


Figura 24. Vegetación presente en el SA conforme a la cartografía del INEGI.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021b).

Con respecto a la descripción e interpretación de la información, se utilizó la Guía para la Interpretación de Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación serie VII (INEGI, 2021d)y el libro de Vegetación de México (Rzedowski, 2006); además, la descripción fue complementada con las observaciones durante los trabajos de campo, haciendo énfasis en los sitios de interés (Fotografía 7).



Fotografía 7. Panorámica del SA.

- **Agricultura de temporal**

Se refiere a aquellas áreas de producción de cultivos que son obtenidos para su utilización por el ser humano ya sea como alimentos, forrajes, ornamentos o industrial; su desarrollo tiene relación con los procesos hidrológicos, es decir, depende 100% de la lluvia como fuente de agua en forma directa o por interpretación de pequeños escurrimientos; 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, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80% del periodo anual. 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 (INEGI, 2021d).

- **Bosque de encino**

Comunidades arbóreas, subarbóreas u ocasionalmente arbustivas integradas por múltiples especies del género *Quercus* (encinos, robles), se encuentran distribuidas en casi todo el país, salvo condiciones muy áridas, especialmente se ubican 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. Crecen 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 3,000 m de altitud. El tamaño de los árboles va de los 4 hasta los 30 m de altura y los bosques pueden ser abiertos o muy densos. 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*), entre otros. Estos árboles son 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.

- **Bosque de pino-encino**

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, y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura que oscila entre los 10 °C y 28 °C y una precipitación total anual que varía desde los 600 a 2,500 mm, en cuanto a la altitud oscila entre los 300 y 2,800 msnm.

Las comunidades están conformadas por diferentes especies de encino (*Quercus* spp.) y de pino (*Pinus* spp.). Algunas de las especies más comunes son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino amarillo (*Q. magnoliifolia*)*,* encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), pino chino (*Pinus leiophylla*), pino de montaña mexicano (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*) entre varios más. La única diferencia entre ambos conjuntos de bosques, es la dominancia de la especie en el ecosistema (INEGI, 2021d).

- **Vegetación secundaria**

Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original (Fotografía 8) y en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. En la clasificación de estas comunidades se consideran las siguientes etapas de sucesión secundaria: vegetación secundaria arbórea, vegetación secundaria arbustiva, y vegetación secundaria herbácea (INEGI, 2021d).



Fotografía 8. Panorámica de la vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino-pino.

- **Pastizal Inducido (PI)**

Esta comunidad dominada por gramíneas surge cuando es eliminada la vegetación original, este pastizal puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; aunque también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de zonas que se incendian con frecuencia. Son de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse completamente libres de alguna influencia humana, el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar.

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 herbácea no pasa de una altura media de 5 cm (Fotografía 9).

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 extracción de la raíz de zacatón, materia prima para la elaboración de escobas que proporcionan las partes subterráneas de *Muhlenbergia macroura* (INEGI, 2021d).



Fotografía 9. Imagen representativa de pastizal inducido.

Con base en el INEGI (2021b) y la CONABIO (2026e), se elaboró un listado de las especies con probabilidad de incidencia en la superficie que abarca el SA; ésta se muestra a continuación en la Tabla 20. Por otro lado, en el Anexo V, se presenta la descripción de las especies observadas dentro de las planillas. Cabe destacar que, ninguna de las especies identificadas en el área de interés, presenta alguna categoría de riesgo, esto de acuerdo con la revisión de los estatus de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 20. Especies de vegetación con probable incidencia en el área de estudio.

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Arbóreas		
Annonaceae	*Annona reticulata* *	Anona amarilla	Sin estatus
Burseraceae	*Bursera ariensis* *	Papelillo	Sin estatus
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica* **	Cedro blanco	Sujeta a Protección Especial (Pr)
	Juniperus deppeana **	Sabino	Sin estatus
	Juniperus flaccida **	Enebro triste	Sin estatus
Fagaceae	*Castanea sativa* **	Castaño	Sin estatus
	Platymiscium lasiocarpum *	Granadilla	En Peligro de Extinción (P)
	Quercus crassifolia **	Encino colorado	Sin estatus
	Quercus laeta **	Roble blanco	Sin estatus
	*Quercus laurina**	Encino laurelillo	Sin estatus
	*Quercus magnoliifolia**	Encino amarillo	Sin estatus
	Quercus obtusata *	Encino blanco	Sin estatus
	Quercues polymorpha **	Encino roble	Sin estatus
	Quercus resinosa **	Roble	Sin estatus
	*Quercus rugosa**	Encino quiebra hacha	Sin estatus
Malvaceae	*Robinsonella* sp. *	Algodoncillo	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Meliaceae	*Cedrela odorata* **	Cedro rojo	Sujeto a Protección Especial (Pr)
Oleaceae	*Fraxinus uhdei* *	Fresno mexicano	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus leiophylla**	Ocote chino	Sin estatus
	*Pinus montezumae***	Ocote	Sin estatus
	*Pinus pringlei**	Pino cedrón	Sin estatus
	*Pinus pseudostrobus**	Pino blanco	Sin estatus
	*Pinus teocote**	Pino colorado	Sin estatus
Primulaceae	*Myrsine coriacea* *	Ratoncillo	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serótina* *	Capulín	Sin estatus
Sapindaceae	*Aesculus hippocastanum* **	Castaño de Indias	Sin estatus
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata* *	Tepozán blanco	Sin estatus
Thymelaeaceae	*Daphnopsis americana* *	Cuero de toro	Sin estatus
	Arbustivas		
Asteraceae	*Ageratina adenophora* *	Flor de espuma	Sin estatus
	Ageratina espinosarum *	Estrellita	Sin estatus
	Ageratina glabrata *	Chamisa	Sin estatus
	Ageratina havanensis *	Raíz de la serpiente de La Habana	Sin estatus
	Baccharis conferta **	Azoyate	Sin estatus
	Baccharis heterophylla *	Escoba chica	Sin estatus
	Montanoa tomentosa *	Zoapatle	Sin estatus
	Verbesina virginica *	Corona blanca	Sin estatus
Acanthaceae	*Ruellia simplex* *	Petunia mexicana	Sin estatus
Ericaceae	*Arbutus xalapensis* **	Madroño	Sin estatus
Fabaceae	*Cajanus cajan* **	Frijol de palo	Sin estatus
	Calliandra eriophylla **	Charrasquillo	Sin estatus
	Coursetia glandulosa *	Palo dulce	Sin estatus
	Desmanthus velutinus *	Flor de terciopelo	Sin estatus
	Eysenhardtia polystachya **	Palo azul	Sin estatus
	Leucaena leucocephala **	Barba de chivo	Sin estatus
	Senna obtusifolia *	Cafecillo	Sin estatus
	Vachellia farnesiana **	Huizache	Sin estatus
Melastomataceae	*Miconia xalapensis* **	Madroño	Sin estatus
Onagraceae	*Fuchsia encliandra* *	Aretillo	Sin estatus
Primulaceae	*Myrsine coriacea* *	Ratoncillo	Sin estatus
Rhamnaceae	*Endotropis serrata* *	Naranjillo	Sin estatus
Ranunculaceae	*Clematis dioica* *	Barba de chivo	Sin estatus
Sapindaceae	*Dodonaea viscosa* *	Chapulixtle	Sin estatus
	Sapindus saponaria *	Jaboncillo	Sin estatus
Solanaceae	*Solanum torvum* **	Amaclancle	Sin estatus
	Herbáceas		
Acanthaceae	*Hypoestes phyllostachya* ***	Hoja de sangre	Sin estatus
Apiaceae	*Eryngium alternatum* ***	Hierba del sapo	Sin estatus
	Eryngium carlinae *	Cabezona	Sin estatus
	Eryngium heterophyllum **	Hierba del sapo	Sin estatus
	Eryngium proteiflorum *	Rosa de las nieves	Sin estatus
Apocynaceae	*Asclepias glaucescens* **	Viborona	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Asclepias curassavica ***	Algodoncillo tropical	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium* ***	Alcanfor	Sin estatus
	Ageratina adenopohora **	Flor de espuma	Sin estatus
	Ageratum conyzoides *	Santa Lucía	Sin estatus
	Ageratum corymbosum **	Cielitos	Sin estatus
	Aldama dentata *	Acahual	Sin estatus
	Aldama excelsa **	Raíz del manso	Sin estatus
	Alomia ageratoides *	Flor de garrapata	Sin estatus
	Artemisia dracunculus *	Estragón	Sin estatus
	Barkleyanthus salicifolius **	Azomiate	Sin estatus
	Brickellia cavanillesii *	Atanasia amarga	Sin estatus
	Centaurea melitensis ***	Tocalote	Sin estatus
	Chromolaena odorata ***	Albahaquilla	Sin estatus
	Conoclinium betonicifolium ***	Flor de niebla	Sin estatus
	Cosmos sulphureus *	Mirasol amarillo	Sin estatus
	Decachaeta ovatifolia *	Pi-xilla-qui	Sin estatus
	Dyssodia papposa ***	Flamenquilla	Sin estatus
	Erigeron karvinskianus *	Marimonia	Sin estatus
	Galeana pratensis *	Ojos de pollo	Sin estatus
	Melanthera nivea **	Totolquelite	Sin estatus
	Perymenium globosum *	Margarita silvestre	Sin estatus
	Porophyllum linaria *	Chepiche	Sin estatus
	Psacalium holwayanum *	Cacalia holwayana	Sin estatus
	Pseudognaphalium californicum ***	Hierba algodonosa de California	Sin estatus
	Pseudognaphalium microcephalum ***	Gordolobo hojas de terciopelo	Sin estatus
	Pseudognaphalium obtusifolium ***	Gordolobo	Sin estatus
	Stevia tomentosa *	Stevia silvestre	Sin estatus
	Tagetes lucida *	Pericón	Sin estatus
	Tridax procumbens ***	Hierba del toro	Sin estatus
	Trixis californica **	Guillermito	Sin estatus
	Verbesina fastigiata *	Árnica de la costa	Sin estatus
Asparagaceae	*Agave salmiana* *	Maguey pulquero	Sin estatus
Chenopodiaceae	*Atriplex canescens* **	Cenizo	Sin estatus
Convolvulaceae	*Ipomoea carnea* ***	Aguinaldo morado	Sin estatus
	Ipomoea meyeri ***	Quiebra plato	Sin estatus
Dryopteridaceae	*Dryopteris maxonii* *	Helecho de Maxon	Sin estatus
Euphorbiaceae	*Acalypha arvensis* *	Borreguillo	Sin estatus
	Euphorbia cotinifolia ***	Trompillo sudamericano	Sin estatus
	Euphorbia graminea *	Golondrina	Sin estatus
Fabaceae	*Desmodium grahamii* *	Pegarropa	Sin estatus
	Desmodium paniculatum *	Trébol de hojas	Sin estatus
	Indigofera suffruticosa **	Añil	Sin estatus
	Mimosa púdica *	Dormilona	Sin estatus
Lamiaceae	*Agastache mexicana* ***	Toronjil morado	Sin estatus
	Agave americana **	Maguey blanco	Sin estatus
	Mentha arvensis **	Hierbabuena	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Mesosphaerum suaveolens **	Canutillo	Sin estatus
	Salvia elegans **	Hierba del burro	Sin estatus
	Salvia guaranitica ***	Salvia azul	Sin estatus
	Salvia microphylla *	Mirto chico	Sin estatus
	Salvia misella *	Cadillo	Sin estatus
	Salvia polystachya *	Salvia compacta	Sin estatus
	Salvia rosmarinus **	Romero	Sin estatus
	Salvia splendens ***	Salvia	Sin estatus
Malpighiaceae	*Galphimia glauca* *	Árnica de raíz	Sin estatus
Malvaceae	*Anoda cristata* ***	Alache	Sin estatus
	Urena lobata ***	Cadillo de perro	Sin estatus
Passifloraceae	*Passiflora porphyretica* *	Pasionaria púrpura	Sin estatus
Plantaginaceae	*Plantago lanceolata* **	Siete venas	Sin estatus
Poaceae	*Aristida schiedeana* *	Tres barbas abierto	Sin estatus
	Bouteloua gracilis **	Navajita	Sin estatus
	Digitaria filiformis *	Pasto	Sin estatus
	Digitaria sanguinalis *	Pata de gallo	Sin estatus
	Lagurus ovatus **	Hierba cola de liebre	Sin estatus
	Lasiacis procerrima *	Carricillo	Sin estatus
	Lolium perenne **	Ballico perenne	Sin estatus
	Koeleria macrantha ***	Zacate de cresta	Sin estatus
	Muhlenbergia capillaris *	Zacate lobero	Sin estatus
	Muhlenbergia lindheimeri ***	Pasto Muhly	Sin estatus
	Muhlenbergia quadridentata *	Zacate aparejo	Sin estatus
	Muhlenbergia purpusii *	Liendrilla	Sin estatus
	Muhlenbergia robusta **	Zacate de escobillas	Sin estatus
	Muhlenbergia stricta *	Zacatón fino	Sin estatus
	Oplismenus hirtellus *	Pasto sombra	Sin estatus
	Panicum coloratum **	Mijo perenne	Sin estatus
	Panicum miliaceum **	Mijo	Sin estatus
	Panicum oligosanthes ***	Zacate hoja ancha	Sin estatus
	Panicum virgatum ***	Zacate klein	Sin estatus
	Paspalum dilatatum *	Pasto bahía	Sin estatus
	Pereilema crinitum *	Hierba	Sin estatus
	Setaria pumila *	Milha-verde	Sin estatus
	Schizachyrium scoparium **	Popotillo azul	Sin estatus
	Sorghastrum nutans **	Zacate indio	Sin estatus
Polygonaceae	*Antigonon leptopus* **	San Miguelito	Sin estatus
	Eriogonum wrightii *	Flor de borrego	Sin estatus
	Persicaria lapathifolia *	Chililllo blanco	Sin estatus
Ranunculaceae	*Clematis ligusticifolia* **	Tía Juana	Sin estatus
	Thalictrum peltatum *	Siempre verde	Sin estatus
Scrophulariaceae	*Verbascum thapsus* ***	Gordolobo común	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia wrightii* **	Oreganillo	Sin estatus
	Lippia oirganoides ***	Orégano de monte	Sin estatus
	Cactáceas		
Cactaceae	*Astrophytum myriostigma* **	Bonete	Amenazada (A)
	Opuntia ficus-indica **	Nopal de castilla	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Criptógamas		
Anemiaceae	*Anemia adiantifolia* *	Helecho rizado	Sin estatus
Dennstaedtiaceae	*Pteridium aquilinum* *	Helecho águila	Sin estatus
Pteridaceae	*Adiantum braunii* *	Helecho culantrillo	Sin estatus
	Adiantum concinnum *	Patitas negras	Sin estatus
	Cheilanthes sp. *	Helechos labiados	Sin estatus

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021b) y la CONABIO (2026e).

*Especies de posible incidencia de acuerdo con la literatura consultada.

**Especies registradas fuera de las planillas de barrenación y aledañas al área de estudio.

***Especies registradas dentro de las planillas.

- **Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De acuerdo con el listado de especies con probabilidad de incidencia (Tabla 20), se observa que según la Norma Oficial Mexicana NOM-059 de la SEMARNAT (2020), cuatro especies se encuentran sujetas a alguna categoría de riesgo: *Cupressus lusitánica* (cedro blanco) y *Cedrela odorata* (cedro rojo) se encuentran bajo el estatus Sujeto a Protección Especial (Pr); *Astrophytum myriostigma* (bonete) es categorizada como una especie Amenazada (A); y *Platymiscium lasiocarpum* (granadilla) es considerada una especie en Peligro de Extinción. Sin embargo, es importante recalcar que, ninguna de las especies mencionadas fue registrada dentro de las planillas de barrenación.

IV.II.2.2 Fauna

La diversidad de fauna en un ecosistema es un indicador clave del estado de conservación y funcionamiento ecológico del mismo, la cual depende del entorno, condiciones climáticas, estación del año, factores físicos y la vegetación.

Para este proyecto se realizó un análisis previo, el cual consistió en revisión de literatura y estudios de diversidad faunística en el sitio para tener un panorama sobre la probabilidad de incidencia de especies en el SA; sin embargo, no se encontraron estudios que abarcaran la superficie del SA, ni sus colindancias. De igual forma se consultó el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO, 2026e) para conocer los avistamientos reportados de los diferentes grupos de animales en el área de interés, donde tampoco se encontraron reportes de incidencias dentro del SA. Por lo tanto, con el fin de obtener un conocimiento más amplio sobre la fauna presenten en el área de estudio, se amplió el radio de búsqueda a 5 km alrededor del SA y se tomó en cuenta el área que abarca la microcuenca para tener una mejor aproximación.

Las especies identificadas se encuentran enlistadas en la Tabla 21, igualmente se incluye su estatus de conservación según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2020), el Apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2026), si es el caso; así como la categoría basada en el riesgo de extinción según The IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2026).

Tabla 21. La fauna con probable incidencia en el SA.

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
Anfibios	Bufonidae	*Incilius occidentalis*	Sapo de los pinos	-	-	LC
		Rhinella horribilis	Sapo gigante	-	-	LC
	Craugastoridae	*Craugastor occidentalis*	Rana ladradora costeña	-	-	LC
	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	-	-	LC
	Hylidae	*Sarcohyla hapsa*	Rana trepadora ribereña norteña	-	-	LC
	Plethodontidae	*Aquiloeurycea cephalica*	Tlaconete regordete	Amenazada (A)	-	LC
		Isthmura bellii	Tlaconete pinto	Amenazada (A)	-	LC
	Ranidae	*Lithobates spectabilis*	Rana manchada	-	-	LC
		Lithobates zweifeli	Rana leopardo	-	-	LC
Aves	Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	-	-	LC
	Anatidae	*Anas platyrhynchos*	Pato de collar	-	-	LC
		Cairina moschata	Pato real	En peligro de extinción (P)	-	LC
	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	-	-	LC
		Ardea ibis	Garza ganadera	-	-	LC
	Apodidae	*Streptoprocne semicollaris*	Vencejo nuca blanca	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
	Cardinalidae	*Passerina versicolor*	Colorín morado	-	-	LC
		Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	-	-	LC
		Piranga rubra	Piranga roja	-	-	LC
	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-	-	LC
		Coragyps atratus	Zopilote común	-	-	LC
	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita cola larga	-	-	LC
		Columbina passerina	Tortolito pico rojo	-	-	LC
	Cuculidae	*Geococcyx velox*	Correcaminos tropical	-	-	LC
	Falconidae	*Falco sparverius*	Halconcito colorado	-	-	LC
	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	-	-	LC
		Spinus pinus	Jilguerito pinero	-	-	LC
		Spinus psaltria	Jilguerito dominico	-	-	LC
	Furnariidae	*Lepidocolaptes leucogaster*	Trepatroncos mexicano	-	-	LC
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	-	-	LC

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
	Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	-	-	LC
		Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	-	-	LC
	Mimidae	*Melanotis caerulescens*	Mulato azul	-	-	LC
		Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo	-	-	LC
	Odontophoridae	*Philortyx fasciatus*	Codorniz barrada	-	-	LC
	Passerellidae	*Aimophila rufescens*	Zacatonero canelo	-	-	LC
		Atlapetes pileatus	Rascador gorra canela	-	-	LC
		Melozone fusca	Rascador viejito	-	-	LC
		Peucaea ruficauda	Zacatonero corona rayada	-	-	LC
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico	-	-	LC
	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	-	-	LC
		Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	-	-	LC
		Melanerpes formicivorus	Carpintero bellotero	-	-	LC
	Polioptilidae	*Polioptila caerula*	Perlita azul gris	-	-	LC
	Ptiliogonatidae	*Ptiliogonys cinereus*	Capulinero gris	-	-	LC
	Strigidae	*Strix virgata*	Búho café	-	-	LC
	Thraupidae	*Diglossa baritula*	Picochueco vientre canela	-	-	LC
		Sporophila morelleti	Semillero de collar	-	-	LC
		Volatinia jacarina	Semillero brincador	-	-	LC
	Trochilidae	*Eugenes fulgens*	Colibrí magnífico	-	Apéndice II	LC
		Saucerottia beryllina	Colibrí berilo	-	Apéndice II	LC
	Troglodytidae	*Catherpes mexicanus*	Saltapared barranqueño	-	-	LC
		Pheugopedius felix	Chivirín feliz	-	-	LC
	Turdidae	*Catharus aurantiirostris*	Zorzal pico naranja	-	-	LC
		Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
		Sialia mexicana	Azulejo garganta azul	-	-	LC
		Turdus migratorius	Mirlo primavera	-	-	LC
	Tyrannidae	*Contopus pertinax*	Papamoscas José María	-	-	LC
		Empidonax difficilis occidentalis	Mosquero barranqueño	-	-	LC

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
		Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	-	-	LC
		Sayornis nigricans	Papamoscas negro	-	-	LC
		Tyrannus vociferans	Tirano chibiú	-	-	LC
	Vireonidae	*Vireo hypochryseus*	Vireo amarillo	-	-	LC
Mamíferos	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	-	-	LC
	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	-	-	LC
	Cricetidae	*Baiomys musculus*	Ratón pigmeo sureño	-	-	LC
	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo de nueve bandas	-	-	LC
	Didelphidae	*Didelphis virginiana californica*	Tlacuache norteño	-	-	-
	Heteromyidae	*Heteromys irroratus torridus*	Ratón espinoso mexicano	-	-	-
	Mustelidae	*Taxidea taxus*	Tlalcoyote	Amenazada (A)	-	LC
	Phyllostomidae	*Anoura peruana*	Murciélago	-	-	LC
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle norteño	-	-	LC
		Procyon lotor	Mapache	-	-	LC
	Sciuridae	*Notocitellus adocetus*	Cuinique	-	-	LC
Reptiles	Anguidae	*Abronia deppii*	Dragoncito del Eje Neovolcánico	Amenazada (A)	-	EN
		Barisia imbricata	Lagarto alicante de las montañas	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
		Barisia rudicollis	Lagarto alicante cuello rugoso	En peligro de extinción (P)	-	EN
	Anolidae	*Anolis nebulosus*	Abaniquillo pañuelo del Pacífico	-	-	LC
	Colubridae	*Conopsis lineata*	Culebra terrestre del centro	-	-	LC
		Drymarchon corais	Culebra índigo	-	-	LC
		Drymarchon melanurus	Culebra arroyera de cola negra	-	-	LC
		Lampropeltis polizona	Falsa coralillo real occidental	Amenazada (A)	-	LC
		Oxybelis microphthalmus	Bejuquilla café	-	-	-
		Tantilla bocourti	Culebrita cabeza negra	-	-	LC

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
		Tantilla deppei	Culebra ciempiés de Deppe	Amenazada (A)	-	LC
		Trimorphodon tau	Falsa nauyaca mexicana	-	-	LC
	Dipsadidae	*Leptodeira splendida*	Escombrera ojo de gato	-	-	LC
	Elapidae	*Micrurus proximans*	Coralillo nayarita	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
	Natricidae	*Streria storerioides*	Culebra parda mexicana	-	-	LC
		Thamnophis cyrtopsis	Culebra lineada de bosque	Amenazada (A)	-	LC
		Thamnophis scalaris	Culebra listonada de montaña cola larga	Amenazada (A)	-	LC
	Phrynosomatidae	*Sceloporus grammicus*	Lagartija escamosa del mezquite	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
		Sceloporus horridus	Lagartija espinosa del Pacífico	-	-	LC
		Sceloporus melanorhinus	Lagartija espinosa de hocico negro	-	-	LC
		Urosaurus bicarinatus	Lagartija de árbol del Pacífico	-	-	LC
	Scincidae	*Marisora aquilonaria*	Eslizón occidental	-	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos de la INEGI (2021b) y la CONABIO (2026e).

Nota: En el Apéndice II se agrupan a las especies que no están amenazadas, pero que podrían llegar a estarlo, a menos de que se prohíba su comercio, o bien, el comercio esté autorizado por permisos específicos como los de exportación o certificados de re exportación. LC = Preocupación menor, no califica como amenazada, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

El grupo con mayor cantidad de especies son las aves, las cuales tienen una amplia distribución y sus áreas de resguardo se encuentran en sitios mejor conservados; es importante recalcar que el tipo de proyecto planeado no contempla la realización de actividades que fraccionen el hábitat debido a que se establecerán las planillas sobre áreas abiertas, por lo cual no habrá ningún tipo de daño a la fauna silvestre. Sin embargo, en caso de observar a alguna de las especies, se procederá a realizar algún método de ahuyentamiento; no obstante, se estima que no será necesario por las señales que indiquen presencia de animales, como lo son refugios, madrigueras o nidos.

❖ **Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De acuerdo con el listado de fauna con probabilidad de incidencia en el SA, se observa que, 15 especies se encuentran registradas bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; de las cuales dos corresponden al grupo de anfibios, tres al de aves, uno al de mamíferos, y nueve al grupo de reptiles.

Asimismo, *Abronia deppii* (dragoncito del Eje Neovolcánico) y *Barisia rudicollis* (lagarto alicante cuello rugoso) se encuentran sujetos a la categoría de En Peligro (EN), según The IUCN Red List of Threatened Species, es decir, se considera que se enfrenta a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre. De igual forma, *Eugenes fulgens* (colibrí magnifico) y *Saucerottia beryllina* (colibrí berilo) se encuentran en el Apéndice II, lo que indica que el comercio puede autorizarse siempre y cuando se conceda un permiso de exportación o un certificado de re exportación.

IV.II.3 Análisis de vegetación

Durante los trabajos de campo se identificó que, las actividades antropogénicas han jugado un papel importante en la degradación del SA, ya que se observó un estrato arbustivo escasamente desarrollado en las planillas de barrenación, directamente relacionado con la actividad ganadera extensiva. Esta situación asimismo afecta al estrato herbáceo debido a la excesiva carga animal.

En la Tabla 22 se observa el tipo de vegetación presente en cada planilla según la carta de Uso del Suelo y Vegetación (escala 1:250,000, serie VII) del INEGI (2021b) y el libro Vegetación de México de Rzedowski (2006), en comparación con la identificada en campo; dando como resultado que la vegetación corresponde con lo consultado únicamente en las planillas BDU-04, BDU-05, BDU-07, BDU-08, BDU-09, BDU-10, BDU-12 y BDU-13. Por otro lado, la planilla BDU-11 se registra sin vegetación aparente; en el resto de las planillas fueron identificadas otras fases secundarias, o bien, otro uso de suelo.

Es importante mencionar que, en las áreas de pastizal inducido se identificaron individuos de huizache en su fase arbustiva, en forma dispersa. En cuanto a las áreas de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino se registra que, el bosque de encino presenta dominancia, además de que lo que se observa corresponde a vegetación secundaria herbácea.

Tabla 22. Tipo de vegetación por planilla programada en el SA.

Planilla (La Unión)	Tipo de vegetación con base en el INEGI (2021b) y Rzedowski (2006)	Tipo de vegetación (recorrido en campo)
BDU-01	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Vegetación secundaria herbácea de bosque encino-pino
BDU-02	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Vegetación secundaria herbácea de bosque encino-pino
BDU-03	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Vegetación secundaria herbácea de bosque encino-pino
BDU-04	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDU-05	Pastizal inducido	Pastizal inducido

Planilla (La Unión)	Tipo de vegetación con base en el INEGI (2021b) y Rzedowski (2006)	Tipo de vegetación (recorrido en campo)
BDU-06	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Vegetación secundaria herbácea de bosque encino-pino
BDU-07	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDU-08	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDU-09	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDU-10	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDU-11	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Sin vegetación aparente
BDU-12	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDU-13	Pastizal inducido	Pastizal inducido
BDP-01	Bosque de pino-encino	Pastizal inducido
BDP-02	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Pastizal inducido
BDP-03	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Vegetación secundaria herbácea de bosque encino-pino
BDA-01	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Vegetación secundaria herbácea de bosque encino-pino
BDA-02	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Pastizal inducido
BDA-03	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	Pastizal inducido

Elaboración propia con datos de campo e información de Rzedowski (2006).

IV.II.3.1 Descripción de la vegetación en planillas

Los tipos de vegetación en donde se encuentran localizadas las planillas de barrenación corresponden a bosque de pino-encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino y pastizal inducido. Con el objetivo de no repetir la información, a continuación, se mencionarán de manera general las especies que se identificaron en estos ecosistemas, las cuales se encuentran fuera de las planillas de barrenación, con excepción de aquellas herbáceas que se encuentran dentro de algunas planillas.

Los ejemplares identificados de estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo corresponden a las especies: *Aesculus hippocastanum* (castaño de indias), *Arbutus xalapensis* (madroño), *Castanea sativa* (castaño), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Cupressus lusitanica* (cedro blanco), *Juniperus deppeana* (sabino), *Juniperus flaccida* (enebro triste), *Leucaena leucocephala* (barba de chivo), *Pinus montezumae* (ocote), *Quercus laeta* (roble blanco), *Quercus crassifolia* (encino colorado), *Quercus polymorpha* (encino roble), *Quercus resinosa* (roble), *Ageratina adenophora* (flor de espuma), *Aloysia wrigthii* (oreganillo), *Atriplex canescens* (cenizo), *Cajanus cajan* (frijol de palo), *Calliandra eriophylla* (charrasquillo), *Chromolaena odorata* (albahaquilla), *Eysenhardtia polystachya* (palo azul), *Indigofera suffruticosa* (añil), *Solanum torvum* (amaclancle), *Trixis californica* (Guillermo), *Vachellia farnesiana* (huizache), *Baccharis conferta* (azoyate), *Miconia xalapensis* (capulincillo), *Antigonon leptopus* (san Miguelito), *Asclepias glaucescens* (viborona), *Bouteloua gracilis* (navajita), *Eryngium alternatum* (carricillo), *Lagurus ovatus* (hierba cola de liebre), *Melanthera nivea* (totolquelita), *Panicum coloratum* (mijo perenne), *Plantago lanceolata* (llantén menor), *Schizachyrium scoparium* (popotillo azul), *Sorghastrum nutans* (zacate indio), *Hypoestes phyllostachya* (hoja de sangre), *Eryngium heterophyllum* (hierba del sapo), *Asclepias curassavica* (algodoncillo tropical), *Ageratum corymbosum* (cielitos), *Aldama excelsa* (raíz del

manso), *Pseudognaphalium californicum* (hierba cubo de California), *Ipomoea meyeri* (quiebra plato), *Agastache mexicana* (toronjil morado), *Agave americana* (maguey blanco), *Mentha arvensis* (hierbabuena), *Mesosphaerum suaveolens* (confiturilla), *Salvia elegans* (hierba del burro), *Salvia rosmarinus* (romero), *Lolium perenn*e (ballico perenne), *Muhlenbergia robusta* (zacate de escobillas), *Panicum miliaceum* (mijo), *Verbascum thapsus* (gordolobo común), entre otras especies que conforman los bosques templados y el uso de suelo de pastizal inducido.

Las especies que fueron identificadas dentro de cada planilla de barrenación se mencionan a continuación; cabe mencionar que las planillas fueron ubicadas con el objetivo principal de evitar el daño al estrato arbóreo, y chapoleo al estrato arbustivo y herbáceo.

- **BDU – 01**

Esta planilla se encuentra la vegetación de individuos de especies de estratos herbáceo corresponden a *Urena lobata* (hierba de César), *Salvia guaranitica* (salvia azul) y *Conoclinium betonicifolium* (flor de niebla), como se puede observar en la Fotografía 10, cabe remarcar que dentro de la planilla no se encontró ningún tipo de arbóreo que pueda ser afectado por las actividades que se tienen planificadas para la exploración.



Fotografía 10. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 01.

- **BDU – 02**

Esta planilla se encuentra desprovista en su mayoría de vegetación, solo se puede encontrar *Axonopus fissifolius* (pasto común) como se observa en la Fotografía 11 sin ninguna presencia de algún individuo de estrato arbóreo.



Fotografía 11. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 02.

- **BDU – 03**

La vegetación que se encuentra dentro de la planilla son *Anoda cristata* (alache) en su mayoría, además, como se puede observar en la Fotografía 12, la planilla de barrenación se encuentra desprovista casi en su totalidad de individuos arbóreos, esto se hizo para causar el menor daño posible en el sitio de interés.



Fotografía 12. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 03.

❖ **BDU – 04**

La vegetación presente dentro de esta planilla corresponde a individuos herbáceos de *Centaurea melitensis* (tocalote), *Ipomoea carnea* (amapola rosa), *Axonopus fissifolius* (pasto chato común), *Panicum oligosanthes* (zacate hoja ancha) y *Verbesina Virginica* (hierba de escarcha) como se puede observar en la Fotografía 13 no se encuentran estratos arbóreos entro de la planilla y el que se puede apreciar en la fotografía se encuentra fuera de esta.



Fotografía 13. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 04.

❖ **BDU – 05**

La vegetación que se encontró dentro de la planilla incluye *Melinis repens* (pasto africano rosado) cubriendo la mayoría de la superficie del área de interés, además de cómo se puede observar en la Fotografía 14 se encuentra una cactácea que, aunque una de sus pencas se encuentra dentro de la planilla, su raíz esta fuera de esta al igual que los individuos arbóreos que se pueden apreciar en la fotografía.



Fotografía 14. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 05.

❖ **BDU – 06**

Para el caso de la vegetación de esta planilla, se registraron individuos de especies de estrato herbáceo correspondientes a: *Ipomoea carnea* (amapola rosa) y *Conoclinium betonicifolium* (flor de niebla), como se puede ver en la Fotografía 15 no existe ningún individuo arbóreo dentro de la panilla de barrenación, por lo que no se causara un daño a la fase arbórea.



Fotografía 15. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 06.

❖ **BDU – 07**

Como se puede ver en la Fotografía 16 la disposición de la planilla se encuentra dentro de una ladera no muy pronunciada, en la cual la vegetación predominante es *Melinis repens* (pasto africano rosado) y *Panicum oligosanthes* (panizo de hoja ancha), también se puede apreciar que no existe ninguna otra especie dentro del área de la planilla, solo presentes en los alrededores de esta, como se puede apreciar en la fotografía antes mencionada.



Fotografía 16. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 07.

❖ **BDU – 08**

Con esta planilla se puede observar en la Fotografía 17 existe una especie dominante la cual es *Melinis repens* (pasto africano rosado), este solo se puede percibir en pequeños grupos aislados, pues el terreno se presenta en su mayoría como suelo desnudo, solo se puede observar un pequeño brote de *Euphorbia cotinifolia* (trompillo sudamericano), constando que no existe ningún grupo arbóreo dentro de la planilla.



Fotografía 17. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 08.

❖ **BDU – 09**

En esta planilla se encontraron individuos herbáceos tales como *Chromolaena odorata* (albahaquilla), *Tridax procumbens* (hierba del toro), como se puede ver en la Fotografía 18. Las especies arbustivas y arbóreas se encuentran fuera de la incidencia de la planilla donde se va a realizar las actividades de exploración.



Fotografía 18. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 09.

❖ **BDU – 10**

En la Fotografía 19 se puede observar que la planilla está dispuesta en una ladera con una pendiente importante por lo que se tendrán que hacer arreglos para que la maquinaria pueda realizar sus actividades, sin embargo, las especies que se encuentran dentro de esta planilla solo son herbáceas y son *Eryngium alternatum* (carricillo), *Eryngium alternatum* (flor de niebla) y *Dyssodia papposa* (flamenquilla) especies que pueden tener una recuperación pronta con el paso del tiempo, además de que ninguna especie arbórea estará siendo afectada.



Fotografía 19. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 10.

❖ **BDU – 11**

Considerando las afectaciones ambientales que se pueden genera al realizarse las actividades exploratorias correspondientes al presente proyecto, siempre se busca poder realizar los barrenos en lugares donde se haga el menor daño posible, en la mayoría de los casos esto no se puede realizar en su totalidad, pero cuando se tiene la opción de poder hacer, se realiza como es en esta ocasión, en la cual la planilla se colocó a un lado del camino de terracería que conduce a los potreros, como se puede observar en la Fotografía 20 donde se puede observar únicamente la especie *Axonopus fissifolius* (pasto chato común).



Fotografía 20. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 11.

❖ **BDU – 12**

En la planilla se pueden encontrar dos especies de vegetación principalmente una especie arbustiva la cual es *Lippia origanoides* (orégano de monte) esta especie no se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que no se tiene algún inconveniente en realizar las actividades estando presente esta especie, la segunda especie como se puede observar en la Fotografía 21 es *Melinis repens* (pasto africano rosado) y no se tiene incidencia de especies arbóreas dentro del área de la planilla.



Fotografía 21. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 12.

❖ **BDU – 13**

Panilla desprovista de vegetación arbórea y arbustiva, como se puede observar en la Fotografía 22 las especie herbáceas que inciden dentro de la planilla, son *Eryngium alternatum* (carricillo), *Artemisia ludoviciana* (estafiate), *Axonopus fissifolius* (pasto chato común) y *Barkleyanthus salicifolius* (azomiate).



Fotografía 22. Imagen representativa de la planilla del barreno BDU – 13.

❖ **BDP – 01**

Como se puede observar en la Fotografía 23 la zona de interés esta desprovista de vegetación a excepción de la especie herbácea *Koeleria macrantha* (pasto o hierba de junio de las praderas), el suelo presenta una capa de hojas que provienen de los encinos que se encuentran fuera de la planilla, por lo que en esta planilla no será necesario realizar un chapoleo en la vegetación.



Fotografía 23. Imagen representativa de la planilla del barreno BDP – 01.

❖ **BDP – 02**

En este barreno se puede observar que algunas partes del suelo se encuentran expuesta y otras se presentan con una fina capa de hojas de encino que existen a su alrededor, la vegetación presente es casi inexistente solo por algunos brotes pequeños de herbáceas del tipo *Koeleria macrantha* (pasto o hierba de junio de las praderas), como se puede ver en la Fotografía 24.



Fotografía 24. Imagen representativa de la planilla del barreno BDP – 02.

❖ **BDP – 03**

Para esta planilla se tiene la presencia de dos especies herbáceas, *Koeleria macrantha* (pasto o hierba de junio de las praderas) y *Pseudognaphalium microcephalum* (gordolobo hojas de terciopelo), cabe resaltar que ninguna especie arbórea está dentro del área de interés como se observa en la Fotografía 25.



Fotografía 25. Imagen representativa de la planilla del barreno BDP - 03.

❖ **BDA – 01**

Dentro de la planilla se pueden encontrar las siguientes especies de herbáceas *Achillea millefolium* (alcanfor), *Panicum virgatum* (zacate klein) y *Schizachyrium scoparium* (popotillo azul) como se puede ver en la Fotografía 26 estas especies son las que predominan en esta área que es utilizada para el pastoreo del ganado.



Fotografía 26. Imagen representativa de la planilla del barreno BDA – 01.

❖ **BDA – 02**

En la Fotografía 27 se puede observar la configuración de la planilla, esta tiene muy pocas especies vegetales ya que solo se encontraron las especies *Panicum virgatum* (zacate klein) y *Axonopus fissifolius* (pasto chato común), como se ve, alrededor de la planilla se tiene una vegetación abierta de la fase arbórea, los cuales se encuentra fuera de la planilla propuesta.



Fotografía 27. Imagen representativa de la planilla del barreno BDA – 02.

❖ **BDA - 03**

En este ultima planilla se encuentran las especies *Muhlenbergia lindheimeri* (zacate escobilla) y *Pseudognaphalium obtusifolia* (gordolobo), como se puede apreciar en la Fotografía 28, las especies de la fase arbórea se encuentran fuera de esta planilla, las cuales, no serán molestadas durante los trabajos de barrenación.



Fotografía 28. Imagen representativa de la planilla del barreno BDA – 03.

IV.II.4 Muestreo de vegetación del Sistema Ambiental

Se llevó a cabo un muestreo ecológico para determinar la estructura y composición de los tipos de vegetación presentes, dicho muestreo se realizó en los meses de febrero y marzo. Con base en los resultados de este muestreo, se obtuvieron los índices de diversidad, equidad y de valor de importancia que, más adelante, se describen a detalle.

Después de evaluar los criterios del SA, se determinó que el tipo de muestreo que mejor se adapta a las condiciones de la vegetación es el aleatorio estratificado. Con base en metodologías reconocidas para el muestreo de vegetación propuestas por Gentry (1995), se planteó un diseño de muestreo de cinco transectos de 500 m^2 cada uno, con el objetivo de maximizar la representatividad del sitio, y que de esta forma el muestreo fuera significativo.

IV.II.4.1 Selección de los sitios para el muestreo

Para la selección de los sitios a muestrear se utilizó el software ArcGIS Pro 3.5, donde se realizó una rejilla de 50 x 10 m orientada de norte-sur en la superficie determinada del SA; posteriormente, se le asignó un número a cada polígono para que, con ayuda de un generador de números aleatorios, se determinarán los cinco sitos a muestrear (Figura 25).

Los criterios considerados y empleados durante el análisis, con apoyo del software ArcGIS Pro 3.5, son los siguientes.

a) Anomalías mineras de interés: Se obtuvo la localización de las anomalías de interés para el Servicio Geológico Mexicano, a éstas se les realizó un buffer de 1,000 m y se incluyeron dentro del análisis para obtener los sitios de muestreo.

b) Modelo digital de elevación: Se realizó el modelo digital del terreno con base a las curvas de nivel y a la red hidrográfica. Derivado de su interpretación y de las visitas previas a campo, se excluyeron del análisis aquellos sitios que presentaban nulo acceso para el muestreo y se determinó que estas zonas serían aquellas que presentaran una altitud mayor o igual a 1,500 msnm (Bautista, 2011).

c) Vías de comunicación: Se realizó un buffer de 10 m con respecto a las vías de comunicación, de tal forma que, para el análisis, estas zonas fueran excluidas de los sitios de muestreo, debido a la posibilidad de que la vegetación se encuentre perturbada por la actividad vehicular.

d) Uso del suelo y vegetación: Derivado del análisis de los tipos de vegetación, se determinó realizar un muestreo del tipo estratificado, en donde cada tipo de vegetación fuera muestreado (Bautista, 2011).

e) Cuenca Hidrográfica: Se identificaron las microcuencas presentes y se distribuyó el muestreo de tal forma que fuera representativo en el SA.

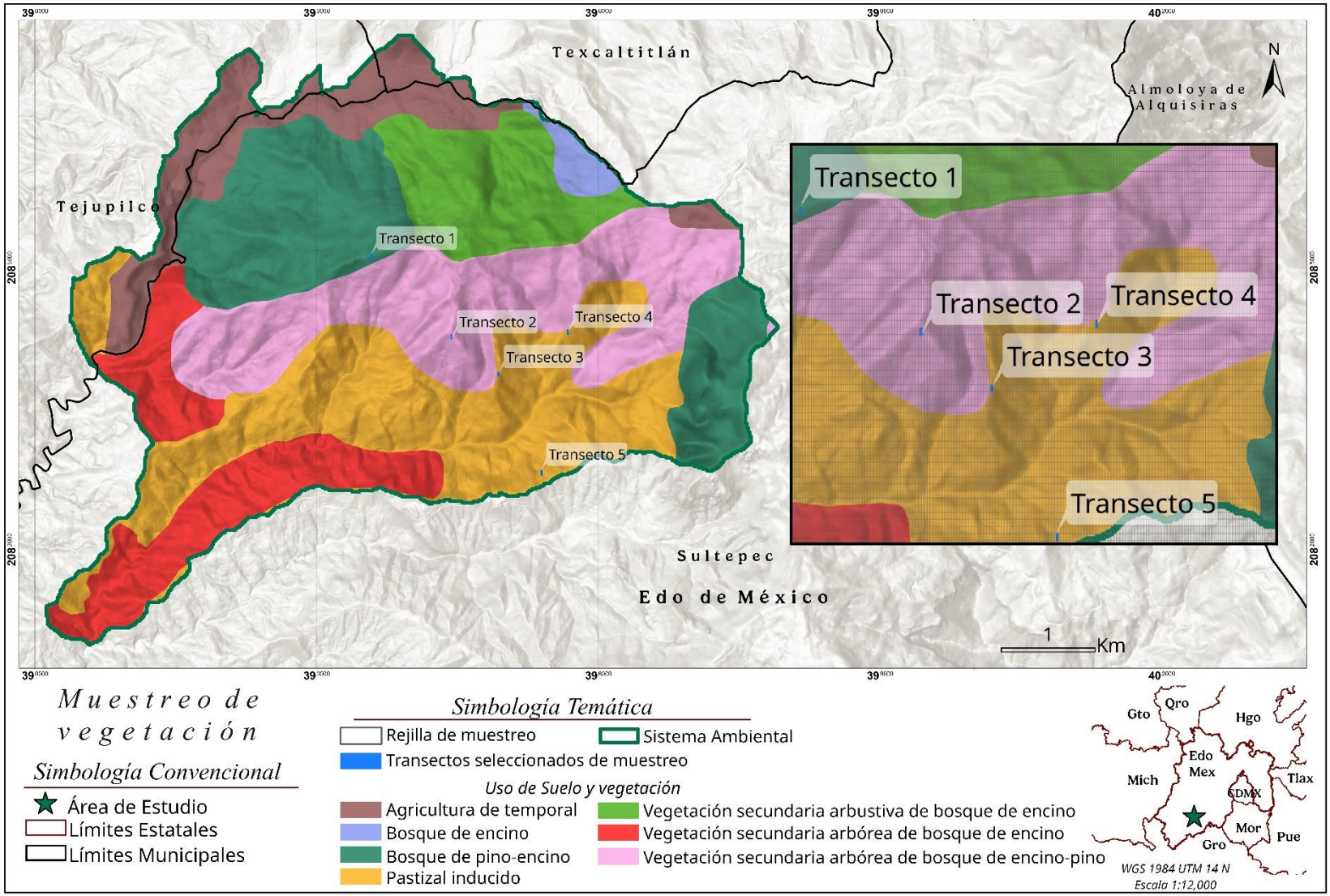


Figura 25. Sitios de muestreo de vegetación en el SA.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021b).

En la Tabla 23, se presentan las coordenadas UTM correspondientes a los transectos de vegetación establecidos mediante el muestreo aleatorio estratificado, dentro del SA.

Tabla 23. Localización de los transectos donde se realizó muestreo de vegetación.

No. De Transecto	Vértices	Coordenadas UTM-14N		Altitud
		mE	mN	
LU-VEG-01	1	393579.932	2085142.02	2124.1
	2	393589.932	2085142.02	2126.9
	3	393589.932	2085092.02	2108.6
	4	393579.932	2085092.02	2107.3
LU-VEG-02	1	394429.932	2084292.02	2097.1
	2	394439.932	2084292.02	2095.7
	3	394439.932	2084242.02	2071.2
	4	394429.932	2084242.02	2070.4
LU-VEG-03	1	394929.932	2083892.02	1941.3
	2	394939.932	2083892.02	1941.8
	3	394939.932	2083842.02	1936.2
	4	394929.932	2083842.02	1938.9
LU-VEG-04	1	395669.932	2084342.02	1960
	2	395679.932	2084342.02	1965.5
	3	395679.932	2084292.02	1943.7
	4	395669.932	2084292.02	1942.3
LU-VEG-05	1	395389.932	2082842.02	1830.3
	2	395399.932	2082842.02	1835.1
	3	395399.932	2082792.02	1850.6
	4	395389.932	2082792.02	1847.2

IV.II.4.2 Técnica de muestreo

Se realizaron cinco transectos de 50 m de largo x 10 m de ancho, alineándolos en dirección norte-sur. Cada transecto se dividió en 5 cuadrantes de 10 x 10 m (Fotografía 29).



Fotografía 29. Transectos marcados en campo.

Se ubicaron las esquinas de cada uno de los transectos mediante las coordenadas obtenidas con el software ArcGIS Pro 3.5, una vez ubicado cada transecto se procedió a señalar cada esquina mediante estacas de madera, para luego formar un rectángulo con hilo de rafia, esto para delimitar el área del muestreo; para tener un mayor control de registro de cada individuo de vegetación éste rectángulo se subdividió en cinco cuadrantes de 10 m x 10 m, así, para cada cuadrante se registraron todos los individuos presentes de cada estrato, es decir, individuos arbóreos, arbustivos, o herbáceos. De los cuales se tomó:

f) Especie
g) Forma de vida
h) Altura total (cm)
i) Diámetro 1 (cm)
j) Diámetro 2 (cm)
k) Observaciones

Asimismo, se elaboró una ficha de campo, cuyo formato se muestra en el Anexo VI, para recabar la información indispensable y relevante del transecto.

IV.II.4.3 Metodología del muestreo de vegetación

Posterior a haber capturado los datos de muestreo en campo en una hoja de cálculo de Excel, se cuantificó el número de especies presentes en los transectos seleccionados; asimismo, se realizaron los cálculos correspondientes a los siguientes índices: 1) índices de diversidad, 2) índice de equidad, e 3) índice de valor de importancia de las especies (Anexo VII).

1) Índices de diversidad

Son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. Mostacedo & Fredericksen (2000) mencionan que existen más de 20 índices de diversidad, sin embargo, estos tienen ciertas ventajas y desventajas. Los índices de diversidad más ampliamente utilizados son el índice de Simpson (S) y el índice de Shannon-Wiener (*H'*).

Índice de Simpson: Roswell (2021)en su guía conceptual sobre la medición de la diversidad de especies, destacan que el índice de Simpson sigue siendo ampliamente utilizado en ecología para evaluar la diversidad de comunidades, considerando tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa.

Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{S = 1/\sum\left(\frac{ni(ni-1)}{(N-1)}\right)}$$

Donde:
S= Índice de Simpson
ni= Número de individuos de la especie i
N= Número total de individuos

Es importante mencionar que, el valor máximo para este índice es 1, lo cual indica que entre más cerca se encuentre del cero la distribución de las especies es uniforme y entre más cercano al 1 la presencia de una o varias especies se considerará alta.

Índice de Shannon-Wiener: Éste se basa en la teoría de la información y, por tanto, en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia; Magurran, 1988). Este índice se calcula mediante la fórmula:

$$H' = -\sum Pi * Ln\ Pi$$

Donde:
H´= Índice de Shannon-Wiener
Pi= Abundancia relativa
Ln= Logaritmo natural

Los valores de referencia se dividen en: a) diversidad baja, cuando el valor es cercano a 0; b) diversidad media-alta, con valores entre 2 y 3.5; y c) diversidad alta, cuando los valores son superiores a 3.5.

2) Índice de equidad

Por equidad se refiere a qué tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies (Orellana, 2009), para lo cual generalmente, el índice de equidad más apropiado es el índice de Shannon-Wiener (Franco, 1989).

Índice de Equidad de Shannon-Wiener (E): Para determinar el índice de equidad de Shannon-Wiener es necesario conocer la diversidad de cada muestreo; una vez obtenido este valor es posible aplicar la fórmula de equidad Shannon-Wiener, tal como se puede ver a continuación:

$$E = \boldsymbol{H}/Ln\ S$$

Donde:
E= Equidad
H= Diversidad
S= Número total de especies existentes
Ln=Logaritmo natural

Los valores varían entre 0 y 1, donde 0 es baja equidad y 1 es equidad total.

3) Índice de valor de importancia

Con los datos obtenidos en campo, se calcularon los siguientes parámetros según Krebs (2000) y Smith & Smith (2007):

$$\text{Abundancia} = \frac{número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{área\ muestreada\ (m^2)}$$

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{abundancia\ de\ una\ especie}{total\ de\ abundancias\ para\ todas\ las\ especies}\ x\ 100$$

$$Cobertura\ absoluta = \left[\frac{D_1 + D_2}{4}\right]^2 * \pi$$

Donde:

D_1= Diámetro mayor de la copa (m)

D_2= Diámetro perpendicular a D1 (m)

$$\text{Dominancia} = \frac{total\ de\ la\ cobertura\ absoluta\ de\ una\ especie\ (m^2)}{area\ muestreada\ (m^2)}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{dominancia\ para\ la\ especie}{total\ de\ dominancia\ para\ todas\ las\ especies}\ x\ 100$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{número\ de\ parcelas\ donde\ ocurre\ la\ especie}{número\ total\ de\ parcelas\ muestreadas\ por\ comunidad}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{valor\ de\ la\ frecuencia\ para\ una\ especie}{total\ de\ frecuencias\ para\ todas\ las\ especies}\ x\ 100$$

$$\text{Índice de valor de importancia} = AR + DR + FR$$

Donde:

AR= Abundancia relativa

DR= Dominancia relativa

FR= Frecuencia relativa

La abundancia corresponde al número de individuos expresado por unidad de área o volumen. La abundancia relativa se refiere al número de individuos de una especie expresado como una proporción de la abundancia total de todas las especies.

La dominancia es la proporción de terreno ocupado por una proyección vertical del contorno de las partes aéreas del vegetal hacia el suelo; otra forma de expresarla, es también por el área cubierta por la extensión foliar del vegetal (cobertura). La dominancia relativa es la proporción de la dominancia de una especie comparada con la dominancia total de todas las especies.

De acuerdo con Bautista (2011), la cobertura y el área basal son un reflejo de la dominancia de la especie. La cobertura se define como la superficie en m^2 que cubre del suelo la copa de la planta. Se puede medir el diámetro mayor y el diámetro menor en sentido perpendicular y el radio promedio se usa para calcular la superficie. La cobertura total de la especie será la suma de las coberturas de los individuos.

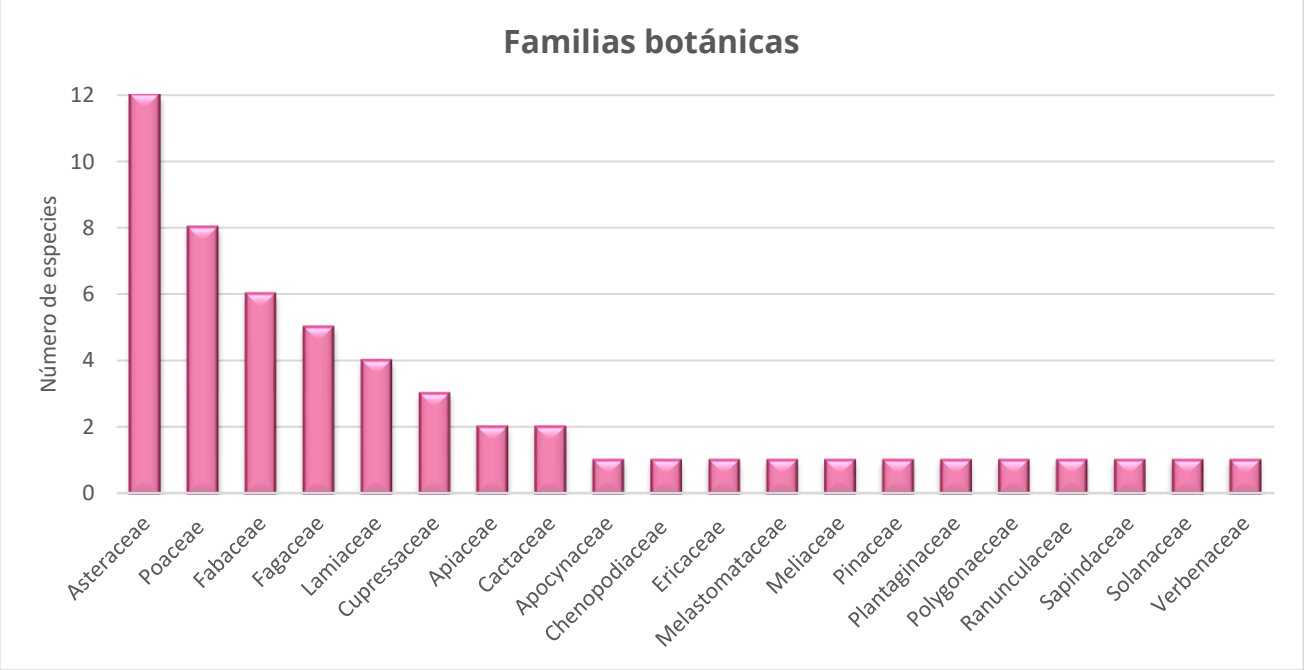
La frecuencia es el número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras. La frecuencia relativa se refiere a la aparición de una especie, expresada como una proporción de la frecuencia total de todas las especies.

El valor de importancia es un índice que expresa la suma de las mediciones relativas de una especie, tiene un rango de 0 a 300, este valor da una estimación de la influencia o la importancia de las especies vegetales en la comunidad.

IV.II.4.4 Resultados del muestreo de vegetación

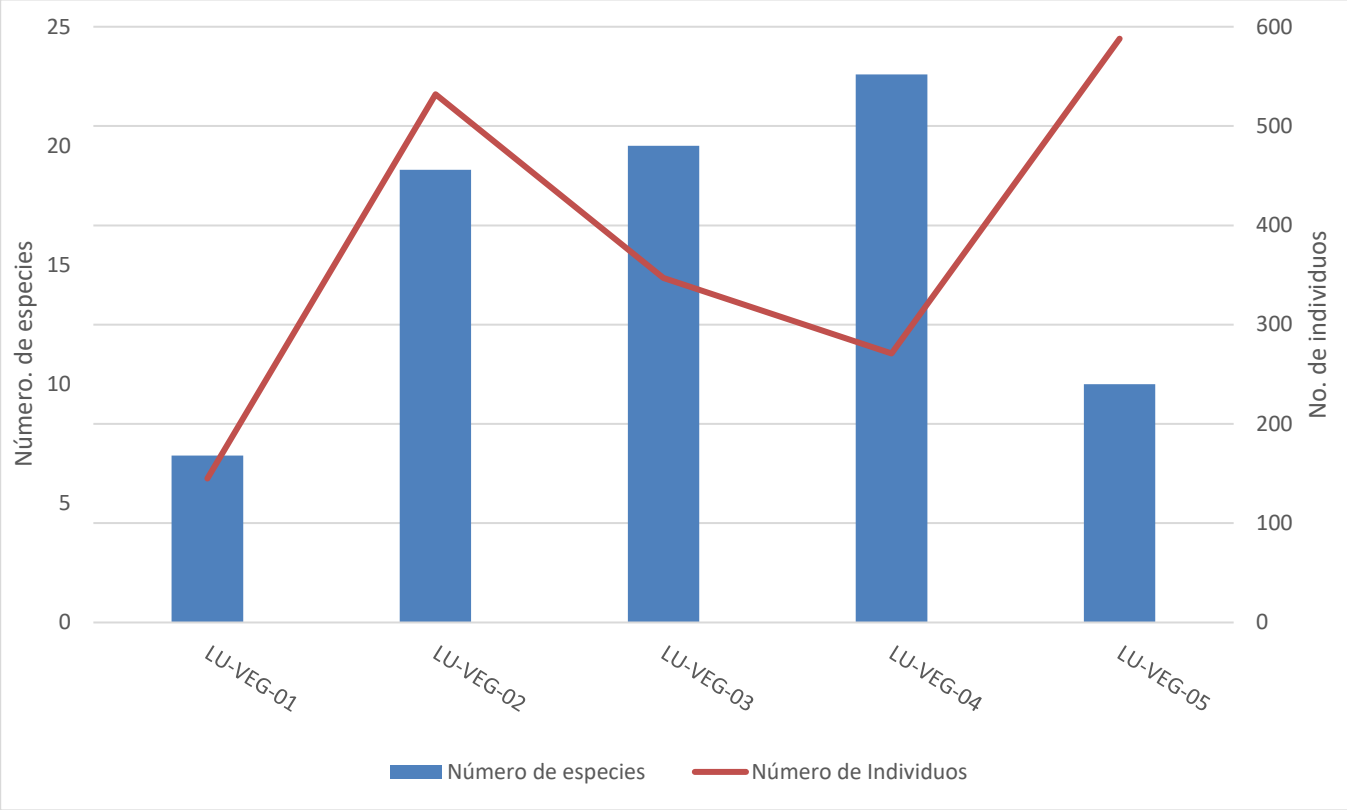
- **Composición florística**

Con base en la información recopilada en campo, se realizó un análisis en donde se identificó que el total de las especies presentes en el muestreo del SA, corresponde a 54 plantas vasculares, las cuales se clasifican en 20 familias y 46 géneros. Las familias que cuentan con más especies son: Asteraceae (12 especies), Poaceae (8 especies), Fabaceae (6 especies), Fagaceae (5 especies), Lamiaceae (4 especies), Cupressaceae (3 especies), Apiaceae y Cactácea (2 especies, respectivamente); el resto de las familias están compuestas únicamente por una especie (Gráfica 3).



Gráfica 3. Diversidad de especies por familia en el SA.

Durante el análisis, se identificó que, los transectos LU-VEG-03 y LU-VEG-04 son los sitios en donde se registraron más especies (20 y 23, respectivamente), a diferencia del transecto LU-VEG-01, el cual presentó el menor número de especies registradas (7). Por otro lado, el transecto en donde hubo más registro de individuos corresponde al LU-VEG-05, con 588; mientras que, el transecto LU-VEG-01 únicamente presentó 145 ejemplares (Gráfica 4).



Gráfica 4. Número de individuos y especies presentes en el SA.

❖ Índices de diversidad

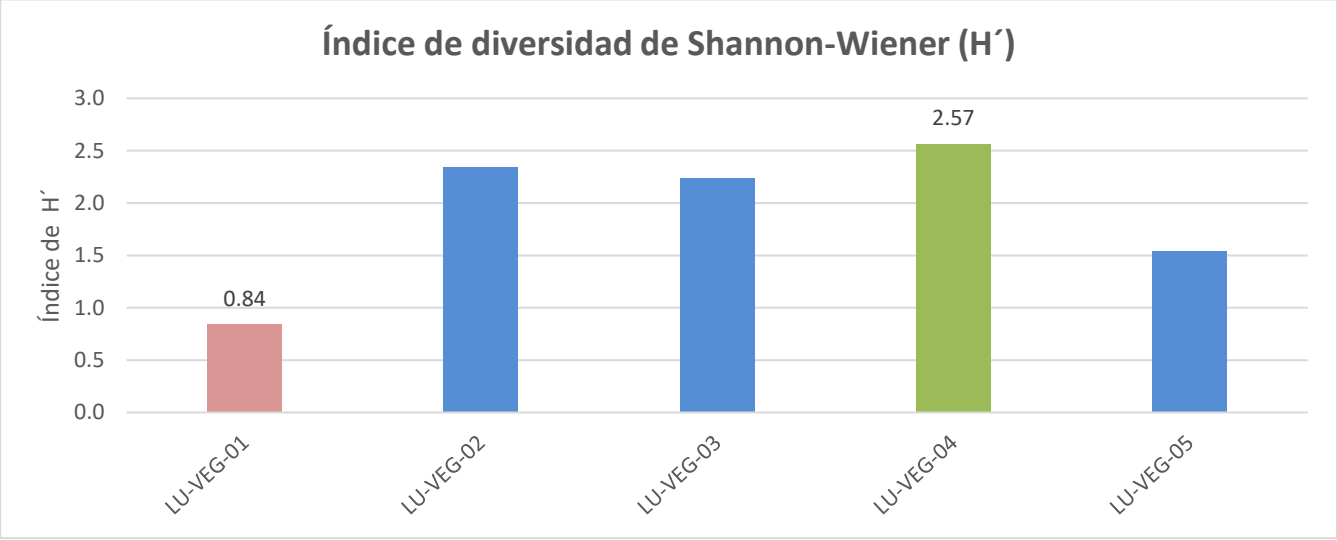
Se determinaron los índices de diversidad florística de los cinco sitios muestreados. La memoria de cálculo puede ser consultada en el Anexo VII; los resultados se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Comparativo de los índices de diversidad de los cinco sitios de muestreo.

Índice Evaluado	Sitios muestreados en La Unión				
	LU-VEG-01	LU-VEG-02	LU-VEG-03	LU-VEG-04	LU-VEG-05
Número de Individuos	145	532	347	271	588
Número de Especies	7	19	20	23	10
Índice de diversidad de Shannon-Wiener	0.84	2.35	2.24	2.57	1.54
Índice de equidad de Shannon-Wiener	0.47	0.79	0.74	0.81	0.66
Índice de diversidad de Simpson	0.39	0.86	0.83	0.90	0.73
Índice de dominancia de Simpson	0.61	0.14	0.17	0.10	0.27

1) Índice de Shannon-Wiener (H´)

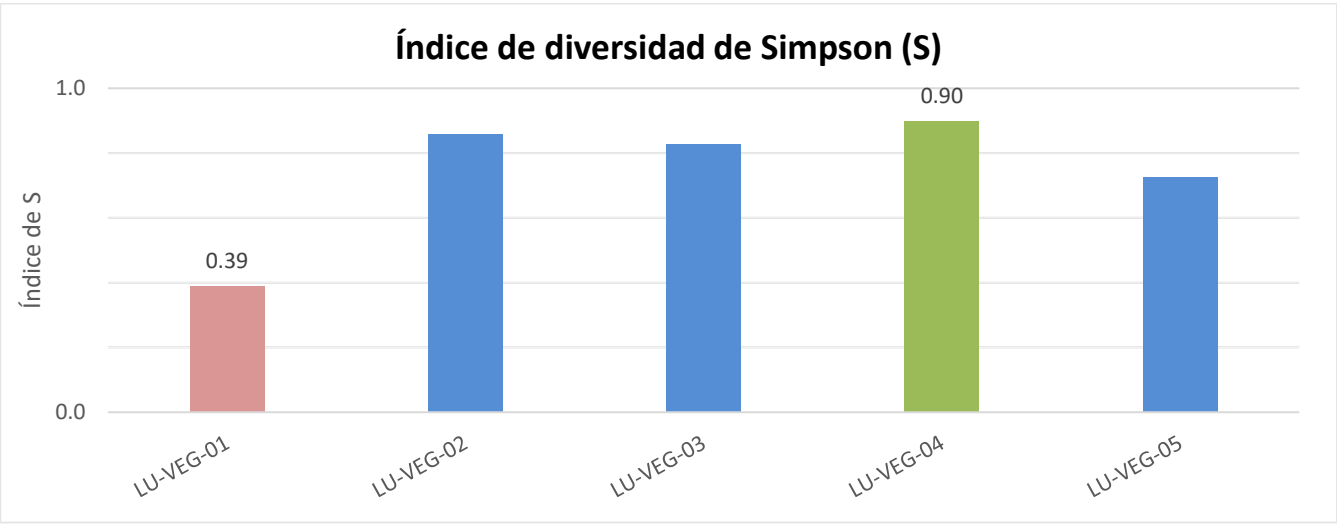
Tiene como valores de referencia a 0 para baja diversidad y 5 para alta diversidad. Derivado del análisis, se obtuvo que, el transecto LU-VEG-04 presenta la mayor diversidad con un valor igual a 2.57 (23 especies y 271 individuos); el sitio con la diversidad más baja corresponde al transecto LU-VEG-01, con un índice igual a 0.84 (7 especies y 145 individuos). A continuación, en la Gráfica 5, se pueden observar los valores del índice de diversidad de los cinco transectos.



Gráfica 5. Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

2) Índice de diversidad de Simpson (S)

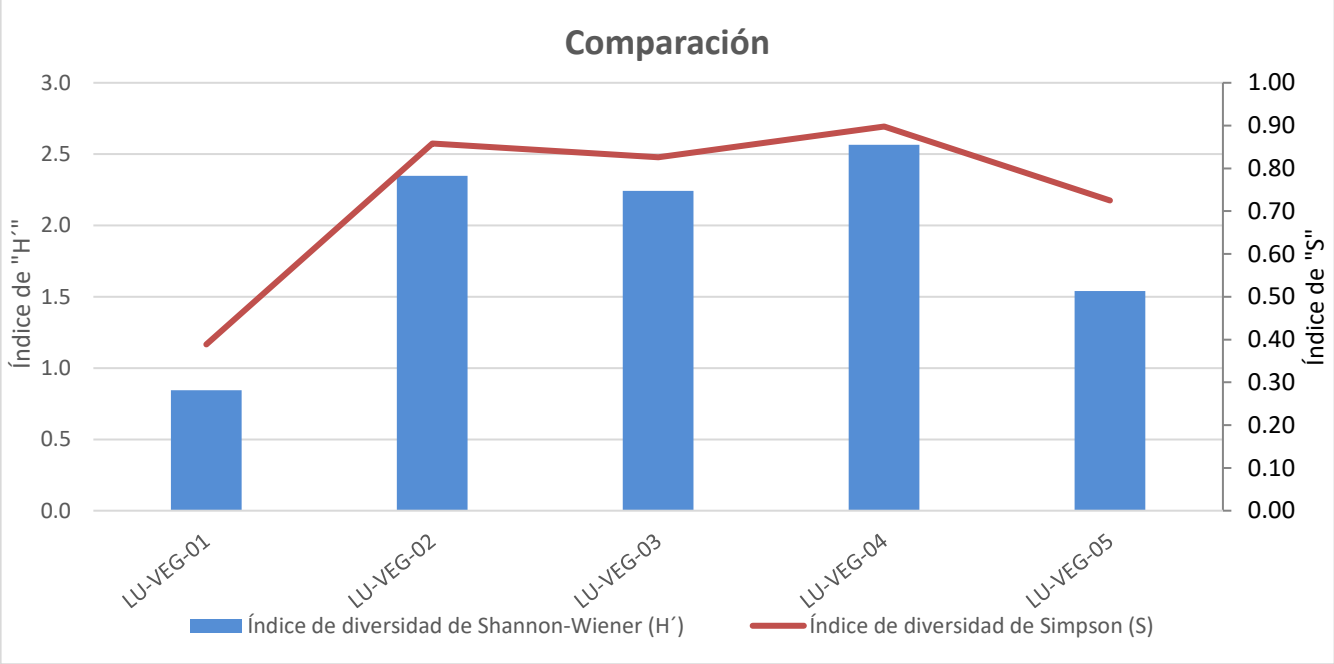
En el caso de este índice de diversidad, el valor máximo es 1, lo que indica que la presencia de una o varias especies se considera alta, es decir, hay diversidad. Según el muestreo realizado, el sitio LU-VEG-04 tuvo la diversidad más alta con un valor igual a 0.90; mientras que, el transecto LU-VEG-1 tuvo la diversidad más baja, ya que, el valor del índice de Simpson corresponde a 0.39 (Gráfica 6).



Gráfica 6. Índice de diversidad de Simpson.

Con los datos previamente obtenidos se deduce que, la diversidad en el SA no es homogénea, es decir, existe variabilidad entre las unidades de muestreo. Algunos transectos como LU-VEG-02, LU-VEG-03 y LU-VEG-04, sugieren comunidades con menor dominancia y una distribución más equilibrada de abundancia entre las especies. En contraste, de todos los transectos, LU-VEG-01 es quien refleja mayor dominancia de una o pocas especies dentro de la comunidad.

Los resultados obtenidos de los dos índices de diversidad que fueron empleados para el análisis, presentan la misma tendencia con respecto a la diversidad florística, dicha tendencia se puede apreciar en la Gráfica 7.

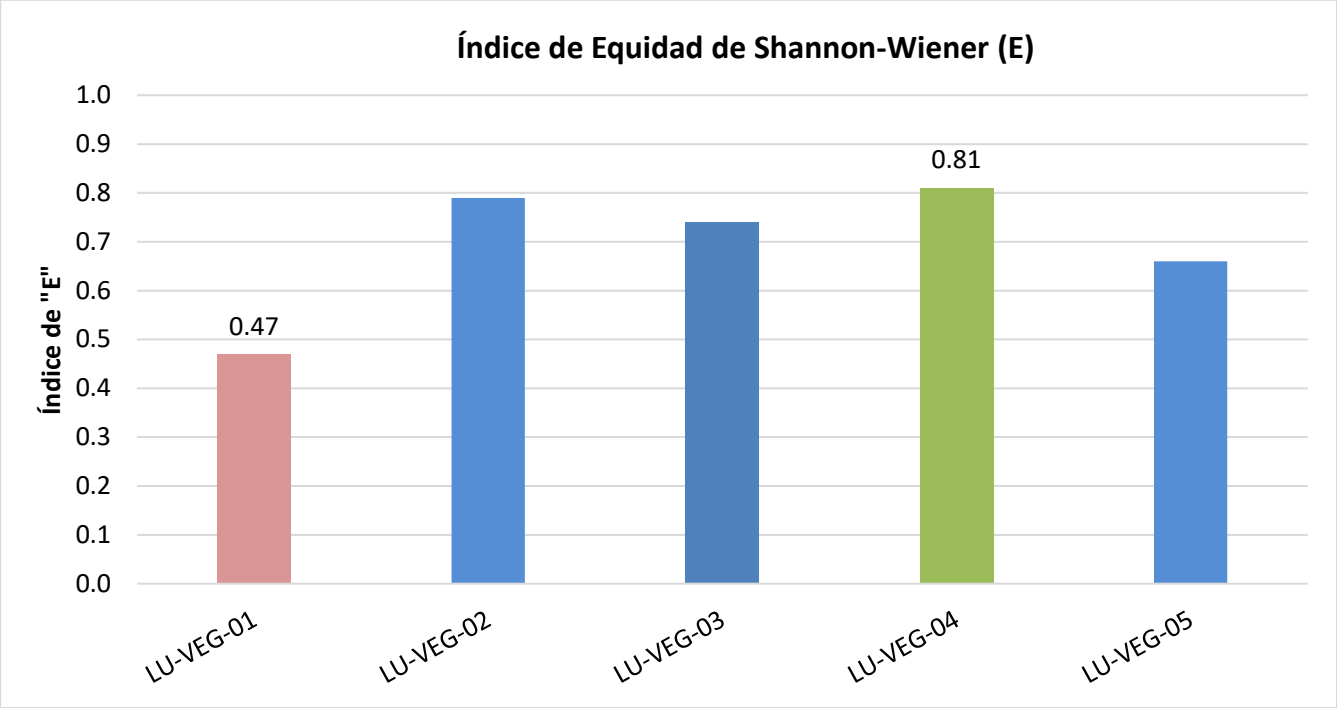


Gráfica 7. Índices de diversidad en los sitios muestreados.

3) Índice de equidad de Shannon-Wiener

Con base en los datos obtenidos durante el muestreo en campo, se obtuvo la distribución de especies con relación a la abundancia, cuyos valores van de 0 a 1, donde 1 indica el valor de máxima equidad. Según los valores obtenidos, el sitio LU-VEG-04 es el que tiene el valor más alto en equidad (0.81); por el contrario, el sitio LU-VEG-01 es el que presenta una menor equidad, ya que, cuenta con un valor igual a 0.47.

La equidad de los sitios en relación a la distribución y abundancia de especies, es considerablemente alta, ya que todos los valores se encuentran por encima de 0.5, a excepción del sitio LU-VEG-01. En términos generales, los resultados obtenidos indican que, el área de estudio presenta una distribución uniforme en la abundancia de las especies, reiterando que, existen pocas especies dominantes. En la Gráfica 8, se puede observar el índice de equidad de Shannon-Wiener de los cinco sitios muestreados.

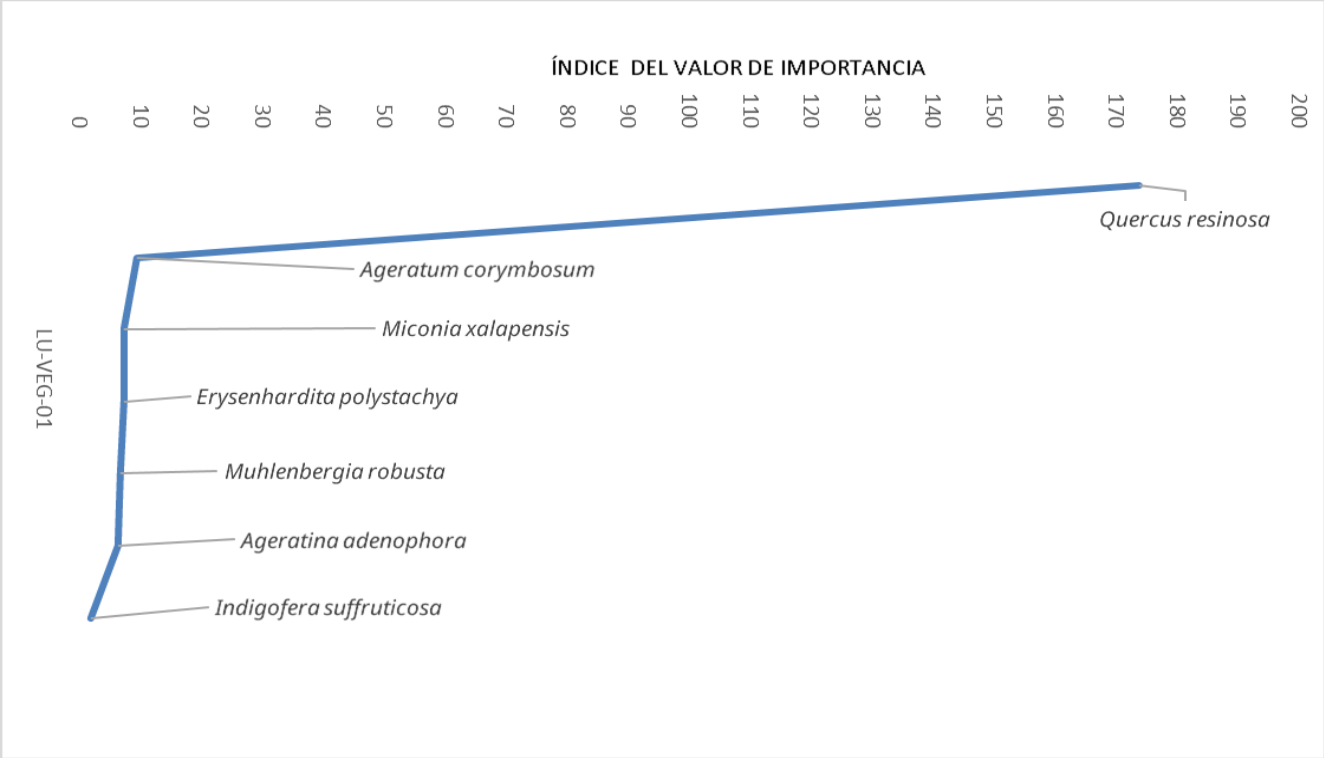


Gráfica 8. Índice de equidad de Shannon-Wiener.

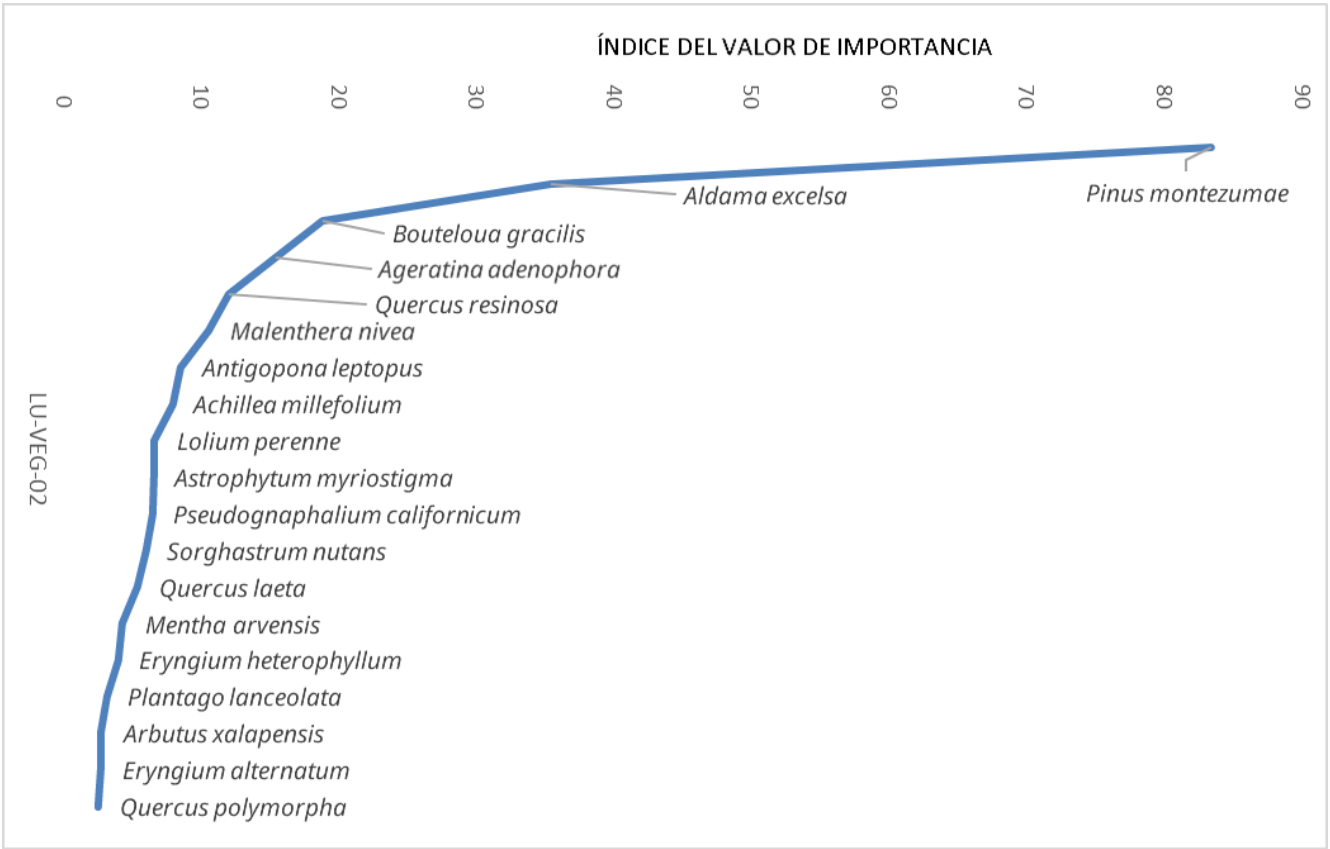
4) Índice de valor de importancia (I. V. I.)

Este valor da una estimación de la influencia o la importancia de las especies vegetales en la comunidad. Para obtener el I.V.I. fue necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro puede ser de hasta 300.

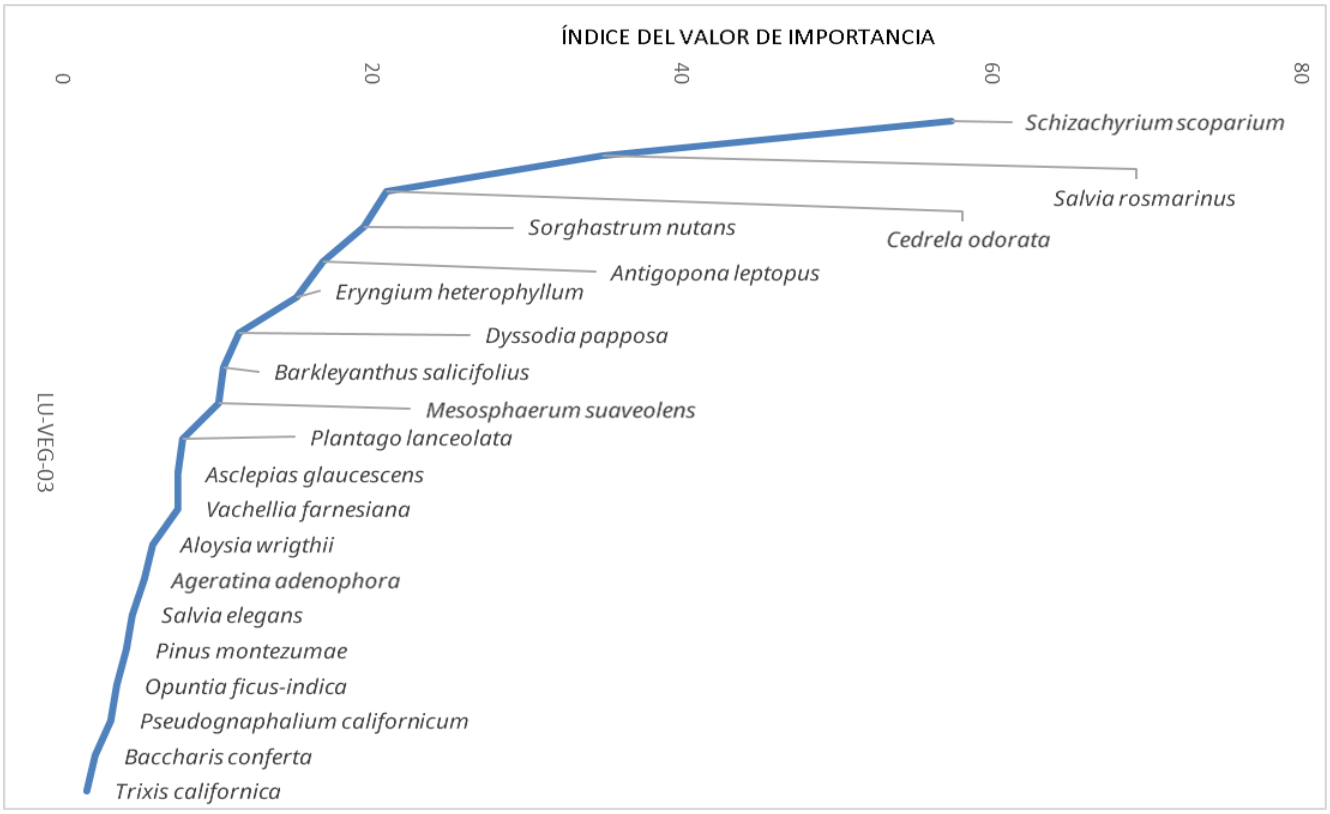
De la Gráfica 9 a la Gráfica 13 se observa el comportamiento de los I.V.I para los cinco sitios analizados en el muestreo, en cada gráfica se puede identificar el índice del valor de importancia y el comportamiento de las especies con relación a éste. Este análisis permite establecer cuáles son las especies con mayor valor de importancia para cada sitio y, de esta manera, sentar las bases de la estructura de la vegetación en los sitios muestreados.



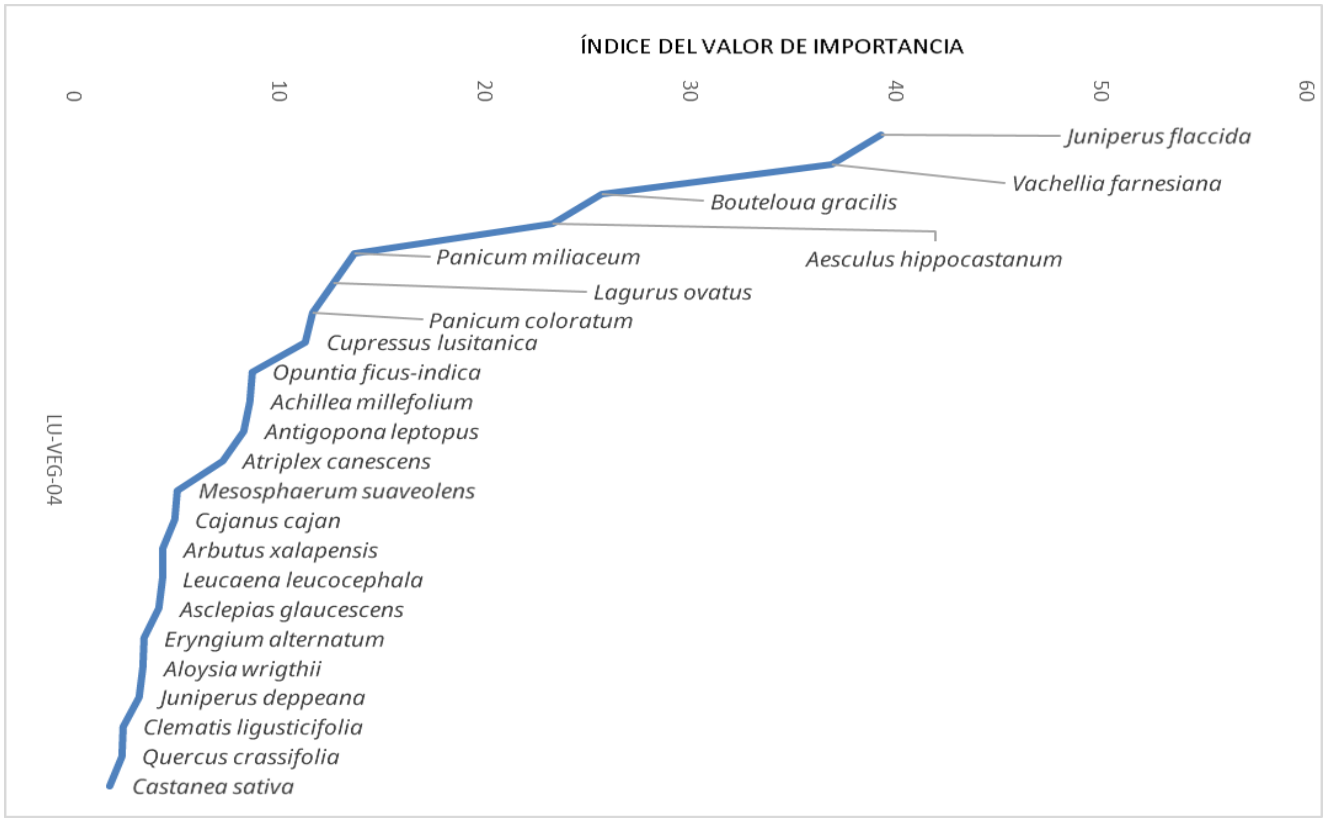
Gráfica 9. Distribución de las especies con respecto al I.V.I. (LU-VEG-01).



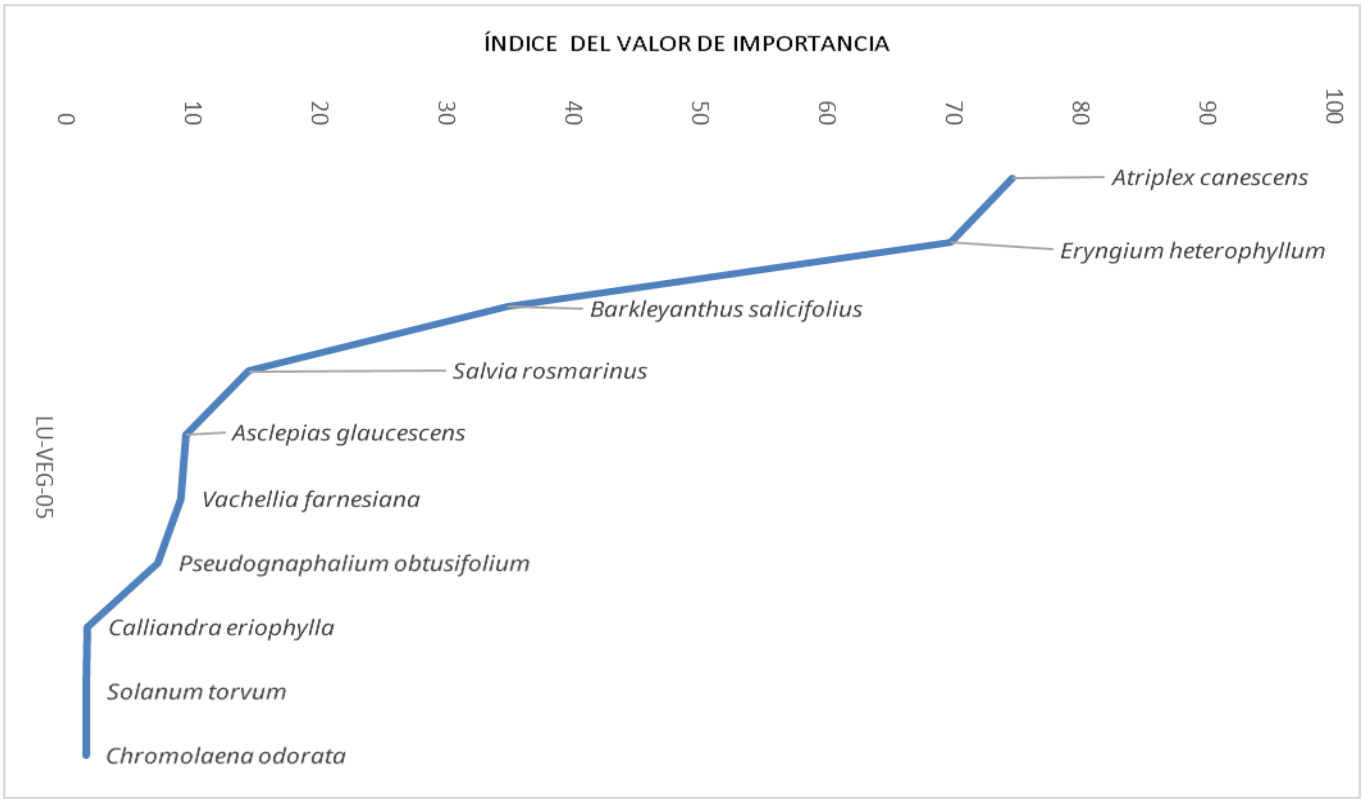
Gráfica 10. Distribución de las especies con respecto al I.V.I. (LU-VEG-02).



Gráfica 11. Distribución de las especies con respecto al I.V.I. (LU-VEG-03).



Gráfica 12. Distribución de las especies con respecto al I.V.I. (LU-VEG-04).



Gráfica 13. Distribución de las especies con respecto al I.V.I. (LU-VEG-05).

Se puede observar que las especies con menor valor corresponden a especies raras, que tienen poca abundancia, dominancia, y frecuencia; por ende, suelen tener mayor susceptibilidad a un cambio en el caso de presentarse algún tipo de perturbación ambiental.

Se identificó que *Ageratina adenophora* (flor de espuma), *Antigonon leptopus* (San Miguelito), *Asclepias glaucescens* (viborona), *Eryngium heterophyllum* (hierba del sapo) y *Vachellia farnesiana* (huizache) son especies que se encuentran presentes en más del 50% de los transectos realizados. En la Tabla 25, se observan las especies que tuvieron presencia en ≥ 2 transectos.

Tabla 25. Especies con mayor presencia en los sitios muestreados.

Número de transectos donde ocurre la especie	Especie
3	*Ageratina adenophora*
3	*Antigonon leptopus*
3	*Asclepias glaucescens*
3	*Eryngium heterophyllum*
3	*Vachellia farnesiana*
2	*Achillea millefolium*
2	*Aloysia wrigthii*
2	*Arbutus xalapensis*
2	*Atriplex canescens*
2	*Barkleyanthus salicifolius*
2	*Bouteloua gracilis*

Número de transectos donde ocurre la especie	Especie
2	*Eryngium alternatum*
2	*Mesosphaerum suaveolens*
2	*Opuntia ficus-indica*
2	*Pinus montezumae*
2	*Plantago lanceolata*
2	*Pseudognaphalium californicum*
2	*Quercus resinosa*
2	*Salvia rosmarinus*
2	*Sorghastrum nutans*

❖ **Fenología**

El conocimiento de las plantas es fundamental para comprender el mecanismo de acción de las variables ambientales sobre la vegetación, la dinámica de las poblaciones, así como de las estrategias de adaptación de las diversas especies. Este conocimiento permite conocer dinámica de producción de biomasa, dinámica de poblaciones y disponibilidad de recurso forrajero para el manejo de fauna silvestre, ganadería o para la toma de decisiones de manejo ambiental.

Con respecto al análisis de muestreo, se aprecia que, del total de especies identificadas (54 spp.) en el área de muestreo, 20 aparecen en dos o más transectos. Es importante mencionar que, el hecho de que aparezcan más veces en los transectos, no se encuentra relacionado con el I.V.I., ya que, éste último cuantifica la importancia de una especie en una comunidad, considerando factores como la abundancia, dominancia, cobertura y frecuencia.

A continuación, se describen a detalle aquellas especies que fueron registradas en más del 50% de los transectos; esta selección se fundamenta en la representatividad ecológica, ya que así, se permite caracterizar a la comunidad vegetal de forma concisa, enfocando el análisis en las especies dominantes.

- ***Ageratina adenophora*** (flor de espuma): Planta perenne de origen mexicano que, se caracteriza por sus capítulos de 5 a 10 mm de diámetro y color blanco situados en seudoumbelas terminales. Las hojas tienen forma ovado-rómbica. Esta planta puede replicarse de forma vegetativa, por esqueje. Las semillas pueden ser dispersadas por el viento o el agua y colonizar ecosistemas alterados, como campos de cultivo o solares. Las semillas pueden ser transportadas también por animales y movimientos de tierra. La floración ocurre generalmente durante el otoño e invierno; es decir, en el hemisferio norte, puede florecer entre septiembre y enero. La planta es nativa de México, pero se ha naturalizado ampliamente en otras partes del mundo, incluyendo la Península Ibérica y las Islas Canarias, incluso llegando a considerarse una plaga (CONABIO, 2026b).

- ***Antigonon leptopus*** (San Miguelito): Planta trepadora con zarcillos presentes en las terminaciones de las inflorescencias. Tiene las raíces tuberosas. Alcanza de 2 a 12 m de largo. El tallo con entrenudos de 1 a 10 cm de largo por 1 a 4 mm de grueso, con pelos esparcidos

a densos; ócreas reducidas a una línea engrosada rodeando el tallo. Las hojas son alternas, espiraladas, simples. Las inflorescencias axilares y terminales racemosas, con las flores agrupadas y alternas. Es nativa de México y Centroamérica, ampliamente cultivada en las regiones cálidas del mundo. Florece profusamente desde la primavera hasta finales del verano o inicios de otoño. En ciertas regiones puede florecer de abril a diciembre o incluso durante todo el año en climas tropicales. Produce frutos desde junio hasta diciembre (CONABIO, 2026c).

- ***Asclepias glaucescens*** (viborona): Planta herbácea no ramificada, erecta, que alcanza un tamaño de hasta 70 cm de alto. Emerge de un rizoma carnoso, raíces carnosas, perennes. Los tallos son glaucos, glabros o con un fleco de tricomas en los nudos y una línea de tricomas por arriba y abajo del nudo. Las hojas opuestas son láminas ovado-lanceoladas a elípticas, de 9-15 cm de largo y 1–4.5 cm de ancho. Ápice agudo a obtuso o redondeado y apiculado, base levemente cordada u ocasionalmente obtusa, glabras excepto por pequeños tricomas dispersos sobre el margen. Nervios laterales 30–44 pares, coléteres ausentes. Pecíolo ausente hasta 0.3 cm de largo, glabro o con un fleco lateral de tricomas. Se caracteriza por tener un ciclo de crecimiento asociado a las temporadas de lluvias y periodos de floración en primavera y verano, es decir, se presenta desde finales de abril hasta mayo, sin embargo, puede extenderse hasta agosto. Crece en matorrales xerófilos y bosques tropicales (CONABIO, 2026c).

- ***Eryngium heterophyllum*** (hierba del sapo): Hierbas que alcanzan un tamaño de 40 cm a 1 m de altura. Las hojas son ásperas, rígidas, espinosas y con los bordes y nervios de color blanco. Las flores son unas esterillas verdes. Es originaria de México, se encuentra presente en climas secos, semisecos y templados, entre los 1,900 y los 2,750 msnm; crece en vegetación perturbada de matorral xerófilo, pastizal y bosques templados. Su ciclo fenológico se encuentra directamente relacionado con las condiciones de humedad y temperatura en las regiones templadas y semiáridas del centro de México. La raíz permanece activa mientras la parte aérea puede secarse en invierno y rebrotar en la temporada de primavera y verano (CONABIO, 2026d).

- ***Vachellia farnesiana*** (huizache): Especie arbórea posiblemente originaria de la América tropical, se encuentra naturalizada y cultivada en todo el mundo. En el estrato arbustivo puede llegar a medir hasta 2 m de altura, en el arbóreo llega hasta los 10 m de altura. La copa es redondeada, con hojas bipinnadas, alternas, con un par de espinas estipulares rectas, no engrosadas basalmente, de 1-2cm de largo, de un tamaño total de 2-8 cm, incluyendo el pecíolo, con de dos a ocho pares de pinnas primarias opuestas y de diez a veinticinco pares de folíolos secundarios de 2-7 por 0.75-1 mm. Flores en glomérulos de color amarillo, originadas en las axilas de las estípulas espinosas, solitarias o en grupos de dos a tres, de 5mm de largo; cáliz verde, campanulado, papiráceo de 1.5-1.75 mm de largo; corola amarillenta o verdosa, de 2.5-3 mm de largo. El fruto es una legumbre moreno rojiza, dura, subcilíndrica, solitaria o agrupada, de 2-10 cm de largo, terminada en una punta aguda, valvas coriáceas, fuertes y lisas. El tronco es corto y delgado, bien definido, abundantemente

ramificado desde la base. Ramas ascendentes y a veces horizontales. Florece durante gran parte del año, con mayor intensidad entre diciembre y mayo, aunque en algunas regiones hay reporte de su floración entre julio y marzo. Produce vainas leñosas y cilíndricas que contienen las semillas (CONABIO, 2026a).

IV.II.4.5 Condiciones de la vegetación del SA

En algunas localidades del municipio de Sultepec, Estado de México, existen condiciones ambientales compatibles con actividades vinculadas al aprovechamiento forestal maderable, lo cual es congruente con la presencia de ecosistemas de bosque templado y con las actividades de manejo y aprovechamiento de recursos forestales que, históricamente se han desarrollado en el Estado de México. Asimismo, según datos registrados en la Base de datos "Número y superficie de las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre extensivas registradas por entidad federativa y municipio", de la SEMARNAT (2025), el municipio de Sultepec, Estado de México no tiene registro de ninguna UMA.

Con base en el análisis de los índices de diversidad, se identificó que el muestreo de los cinco sitios dentro del SA evidencia heterogeneidad significativa en la composición y estructura de la vegetación. Con respecto a los resultados resumidos en la Tabla 24, se puede observar que sitios como LU-VEG-02, LU-VEG-03 y LU-VEG-04 presentan mayor diversidad y equidad entre especies, lo cual indica que se encuentran en mejor estado de conservación, y que, las condiciones ambientales pueden haberles favorecido. Por el contrario, el sitio LU-VEG-01 muestra baja diversidad, punto clave para determinar que quizá es una zona con mayor dominancia debido a condiciones ambientales más restrictivas, aunado a que seguramente en estas zonas hay mayor actividad antropogénica.

De igual forma, se observa que, el índice de equidad en promedio es moderado a relativamente alto (0.69), es decir, las comunidades evaluadas presentan una distribución relativamente homogénea de los individuos de las especies registradas, aunque existe cierta dominancia en algunos sitios. Asimismo, el índice de diversidad de Shannon-Wiener es medio-alto en todos los sitios, a excepción de LU-VEG-01 y LU-VEG-05, cuyos valores fueron menores a 2, lo que refleja que la riqueza y abundancia de especies es relativa. En cuanto al índice de dominancia de Simpson, éste sugiere que ninguna especie controla la comunidad, más bien, se puede considerar que son relativamente heterogéneas.

Finalmente, en conjunto, los resultados indican que dentro del SA existen sitios con distintos grados de perturbación asociados principalmente a la actividad ganadera. Los valores registrados de riqueza, diversidad y equidad sugieren una diversidad florística de nivel intermedio a relativamente alto, así como una estructura vegetal heterogénea entre los sitios evaluados. Las variaciones observadas están directamente relacionadas con la variabilidad de los bosques templados, y los disturbios antrópicos registrados.

IV.II.5 Muestreo de fauna en el SA

El muestreo de fauna es una actividad clave para conocer qué especies de animales habitan en la zona donde se desarrollará el proyecto. A través de este proceso se obtiene información sobre la variedad de especies, su número aproximado, los lugares que utilizan y su importancia en el equilibrio del ecosistema. Con estos datos se establece una base de referencia que permite identificar los posibles efectos del proyecto sobre la fauna y, en su caso, definir medidas de protección, prevención o compensación que aseguren la conservación de la vida silvestre.

IV.II.5.1 Transectos

Con la finalidad de caracterizar la fauna que se encuentra dentro del SA, se realizó un muestreo por medio de transectos lineales tomando como referencia el método descrito en el manual para muestrear la fauna en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas (FMCN, 2018). Este método consiste en ubicar senderos existentes y recopilar las coordenadas de inicio, para posteriormente poder recorrerlos buscando huellas, excretas, refugios (madrigueras, nidos), entre otro tipo de indicios de fauna, en un ancho de 2 m del camino; al terminar el recorrido se toman las coordenadas del punto de finalización. Con respecto a la observación de las aves se utilizaron los mismos transectos, con la diferencia que el ancho del transecto fue de 20 m, con el propósito de tener un rango más amplio de observación y captura de datos.

En total se recorrieron cinco transectos con una longitud de 2,1464.4 m, durante los meses de febrero y marzo del 2026. En la Figura 26 se muestra la localización de los transectos recorridos, y en la Tabla 26 se enlistan las coordenadas, respectivamente. Para el registro de datos de presencia de fauna se recabaron los siguientes datos:

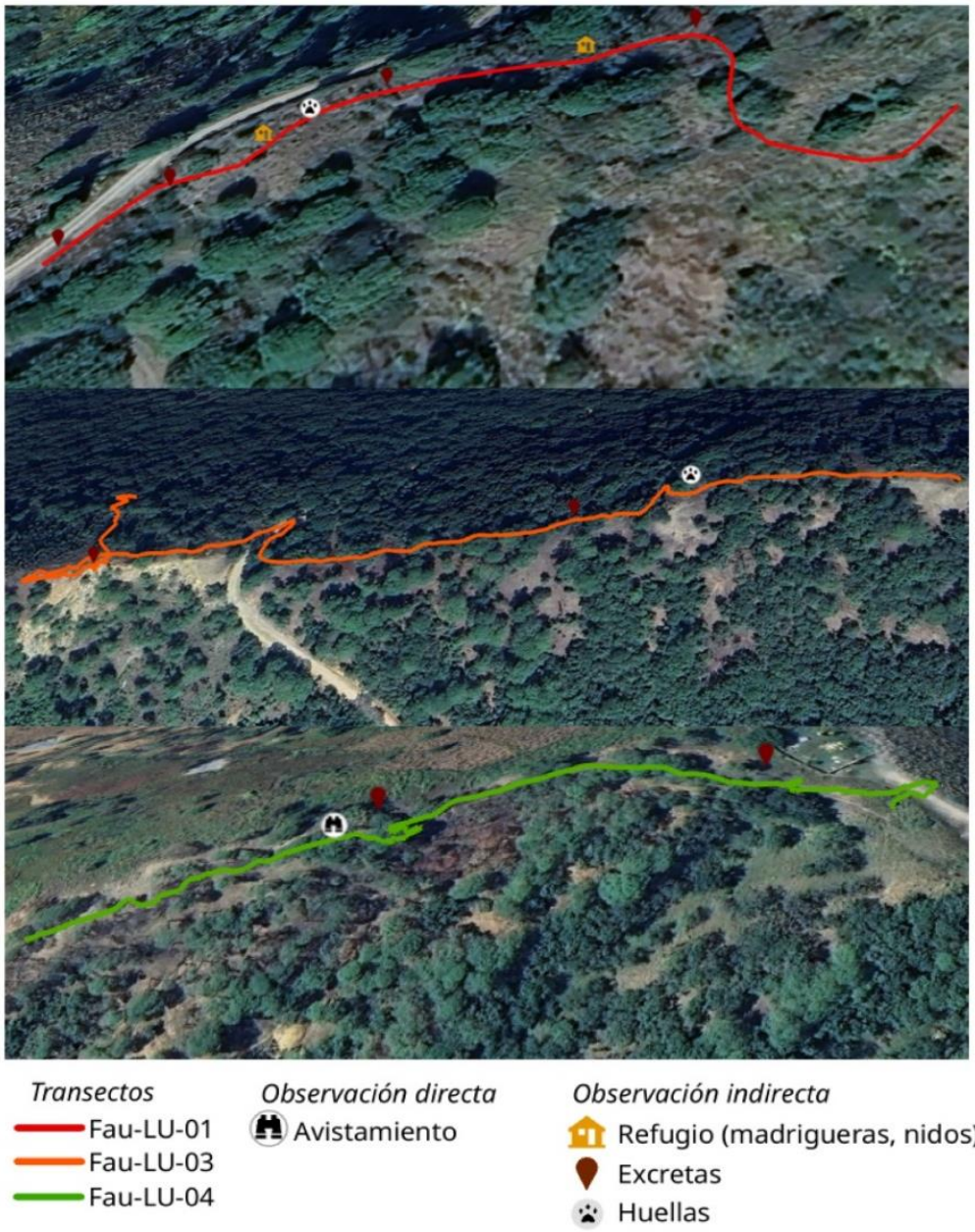
a) Tipo de observación (directa: avistamiento; indirecta: auditiva, huellas, excretas, pelo, nidos, madrigueras y olor, entre otros).
b) Vegetación en la cual se encontraba.
c) Nombre común del animal.
d) Hora de avistamiento.
e) Ubicación aproximada.
f) Otras observaciones pertinentes que ayudaran a la identificación.

En la Figura 27 se aprecia la evidencia de fauna registrada en la superficie muestreada, tanto en los transectos establecidos como en otros recorridos. Más adelante, se indica qué especies fueron observadas dentro del SA. Asimismo, en la Fotografía 30, se indica una ampliación de los transectos en donde hubo registro de fauna, con el objetivo de mostrar el tipo de observación.

En el Anexo VIII se puede consultar el formato utilizado en campo para capturar los datos.

Tabla 26. Transectos de muestreo de fauna.

Transecto	Coordenadas UTM-14N				Longitud (m)
	Iniciales		Finales		
	mE	mN	mE	mN	
Fau-LU-01	395696	2084340	395597	2084287	145.99
Fau-LU-02	394926	2084040	294870	2084250	274.54
Fau-LU-03	393789	2085194	393387	2085139	683.14
Fau-LU-04	394448	2084380	394587	2084119	431.31
Fau-LU-05	395409	2082736	395342	2082914	611.45



Fotografía 30. Observaciones directas e indirectas de fauna sobre transectos.
Nota: En los transectos Fau-LU-02 y Fau-LU-05 no se registró ninguna evidencia de fauna.

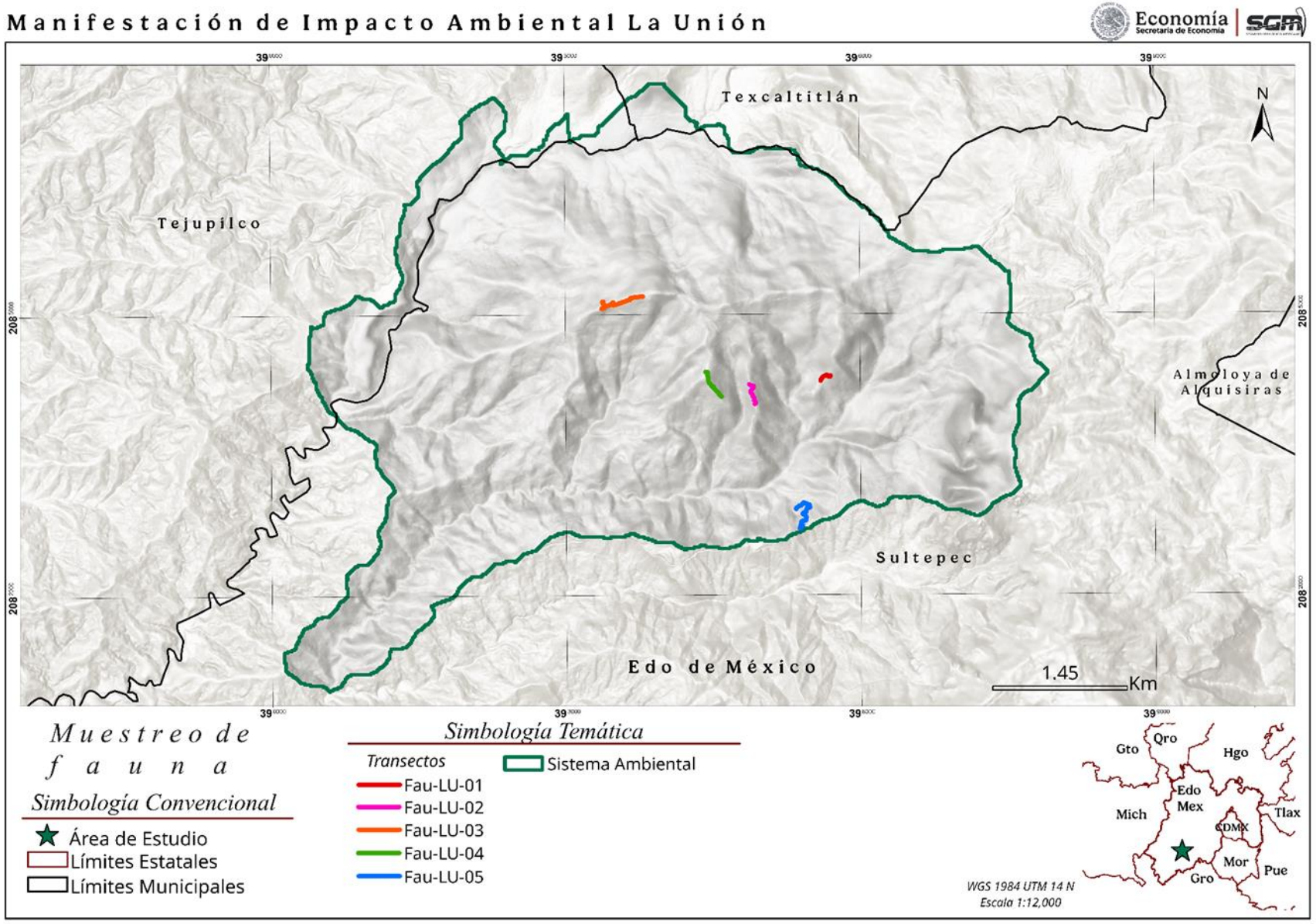


Figura 26. Transectos de muestreo de fauna recorridos en campo.

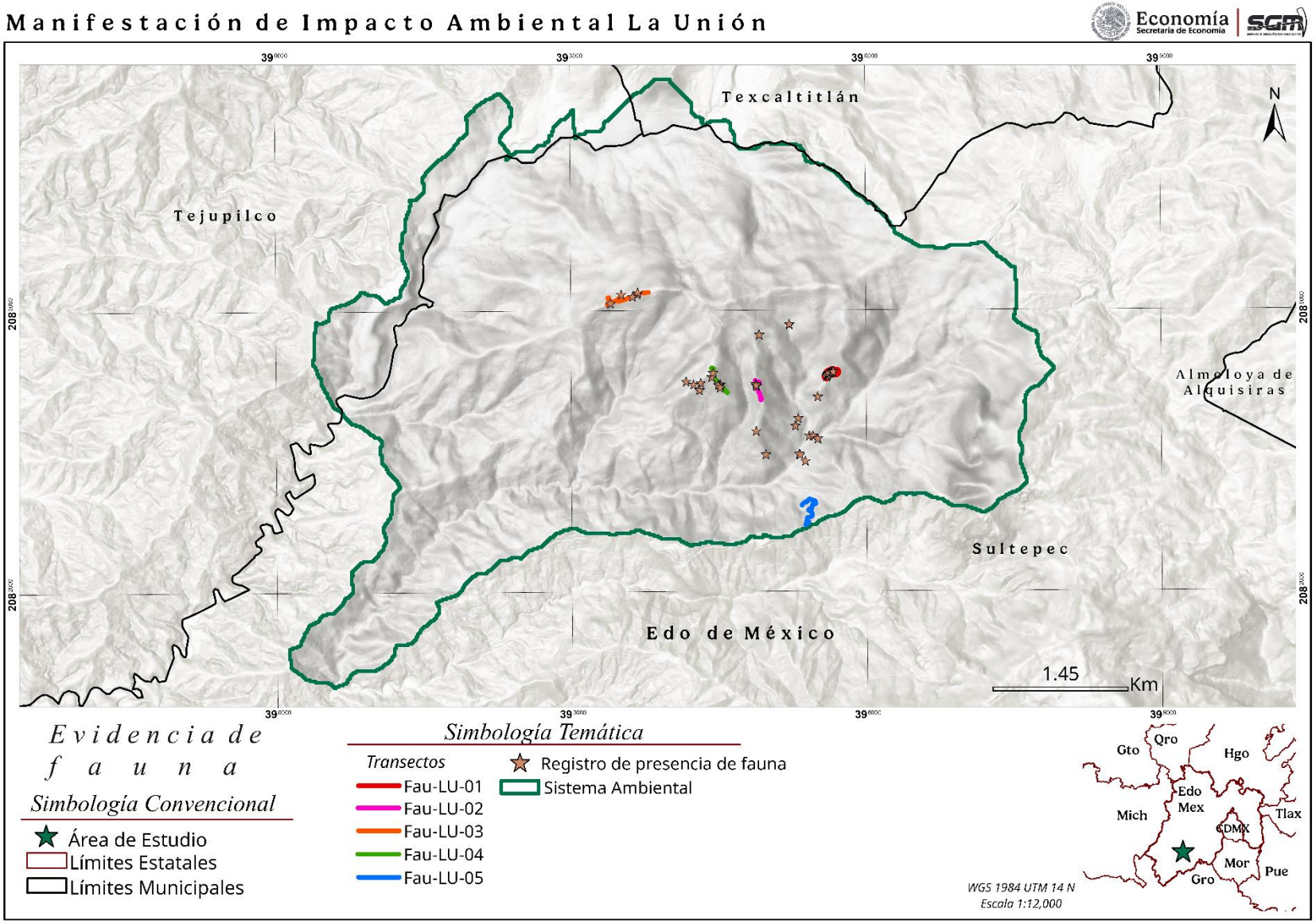


Figura 27. Evidencia de fauna en transectos recorridos en campo.

IV.II.5.1 Estaciones olfativas

Otra técnica usada durante el muestreo de fauna en los transectos fueron las estaciones olfativas, éstas son un sistema de estaciones de muestreo provistas con atrayentes odorantes, los cuales atraen a los individuos hacia los puntos de registro. Estas estaciones se distribuyen de forma sistemática a intervalos constantes a lo largo de los transectos definidos. Cada estación está compuesta por una superficie circular de aproximadamente un metro de diámetro, en donde previamente se tamiza el suelo para una adecuada detección de huellas; en el centro de dicha superficie se coloca el atrayente (Fotografía 33). La distancia entre estaciones se determina a partir de información ecológica, la orografía del sitio, así como el comportamiento del desplazamiento espacial de las especies (Gompper, 2006; Rodríguez-Mazzini, 1996).

En total se colocaron siete estaciones olfativas a lo largo de los transectos (Figura 28), en cada una de ellas se instaló una cámara trampa, con el objetivo de capturar imágenes de individuos de diferentes especies, en especial mamíferos atraídos por el olor (Fotografía 31). El cebo utilizado en las estaciones fue elaborado a partir de una mezcla de sardina, avena y vainilla (Fotografía 32), el cual se colocó al centro del círculo donde previamente se tamizó el suelo para una mejor observación de las huellas (Fotografía 33).



Fotografía 31. Colocación de cámara trampa.

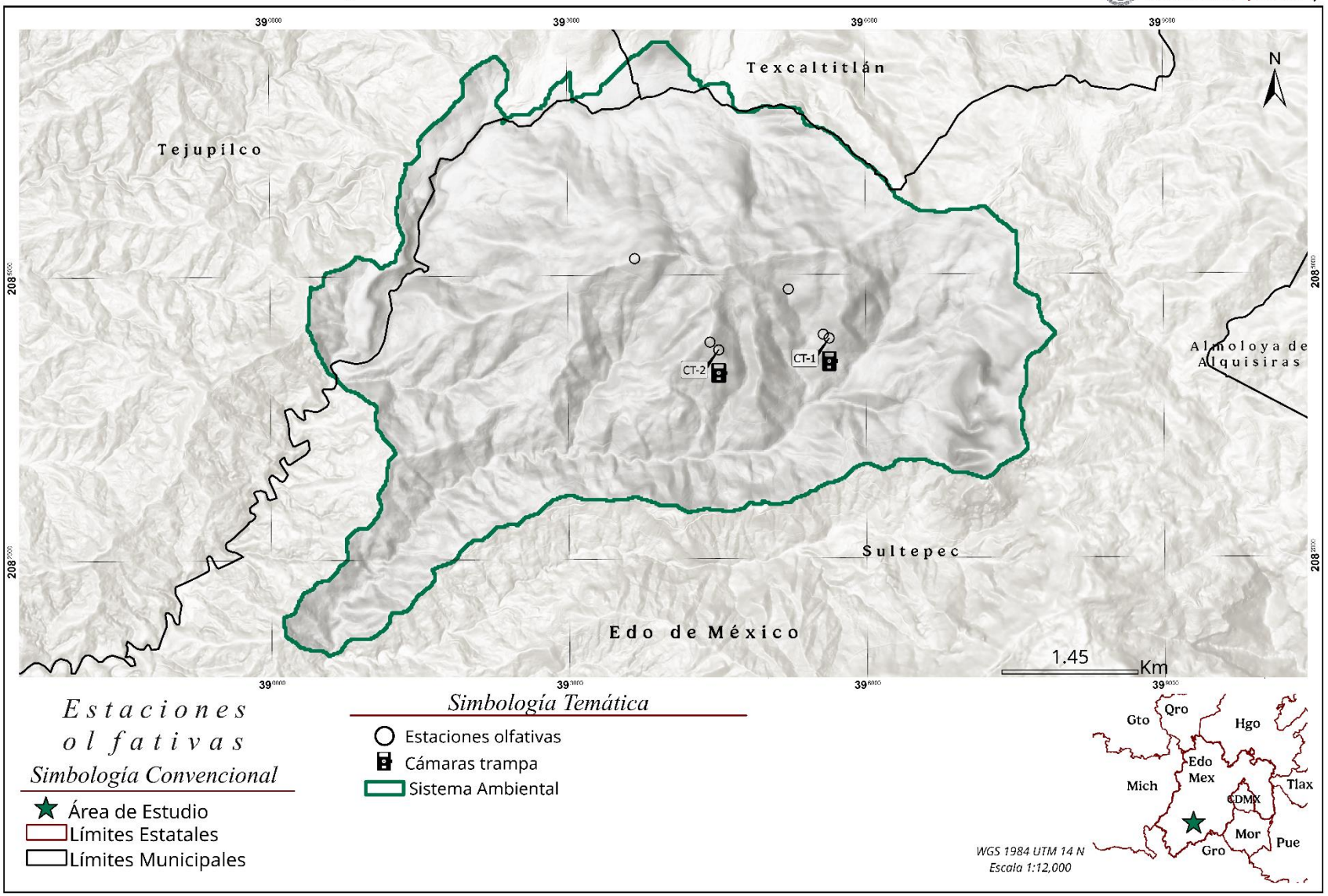


Figura 28. Ubicación de las estaciones olfativas dentro del SA.



Fotografía 32. Preparación del cebo para las estaciones olfativas.



Fotografía 33. Preparación del suelo y colocación del cebo en la estación olfativa.

En conclusión, después de analizar los registros de presencia de fauna observados directa o indirectamente durante los recorridos (avistamientos; canto, excretas, huellas, refugios, entre otros), se logró la identificación de diez especies de animales que inciden dentro del SA. En la Figura 29 están representados los sitios donde se encontraron u observaron las especies; cabe mencionar que, dentro de las estaciones olfativas, se detectaron seis huellas y una excreta. De igual forma, en la Tabla 27 se enlistan las especies que fueron identificadas, se menciona su estatus de conservación según la NOM-059, y la lista roja de la UICN; asimismo, se especifica si se encuentran sujeta a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES).

Tabla 27. Registro de fauna observado en campo.

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Tipo de observación	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista Roja UICN
Aves	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Avistamiento	-	-	LC
	Cuculidae	*Geococcyx velox*	Correcaminos tropical	Avistamiento	-	-	LC
	Trochilidae	*Eugenes fulgens*	Colibrí magnífico	Avistamiento	-	Apéndice II	LC
	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	Avistamiento	-	-	LC
Mamíferos	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	Excretas	-	-	LC
	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	Avistamiento	-	-	LC
	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo de nueve bandas	Huellas y madrigueras	-	-	LC
	Mustelidae	*Taxidea taxus*	Tlalcoyote	Madrigueras	A (Amenazada)	-	LC
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle norteño	Excretas	-	-	LC
	Sciuridae	*Notocitellus adocetus*	Cuinique	Madriguera	-	-	LC

Nota: En el Apéndice II se agrupan a las especies que no están amenazadas, pero que podrían llegar a estarlo, a menos de que se prohíba su comercio, o bien, el comercio esté autorizado por permisos específicos como los de exportación o certificados de re exportación. LC = Preocupación menor, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

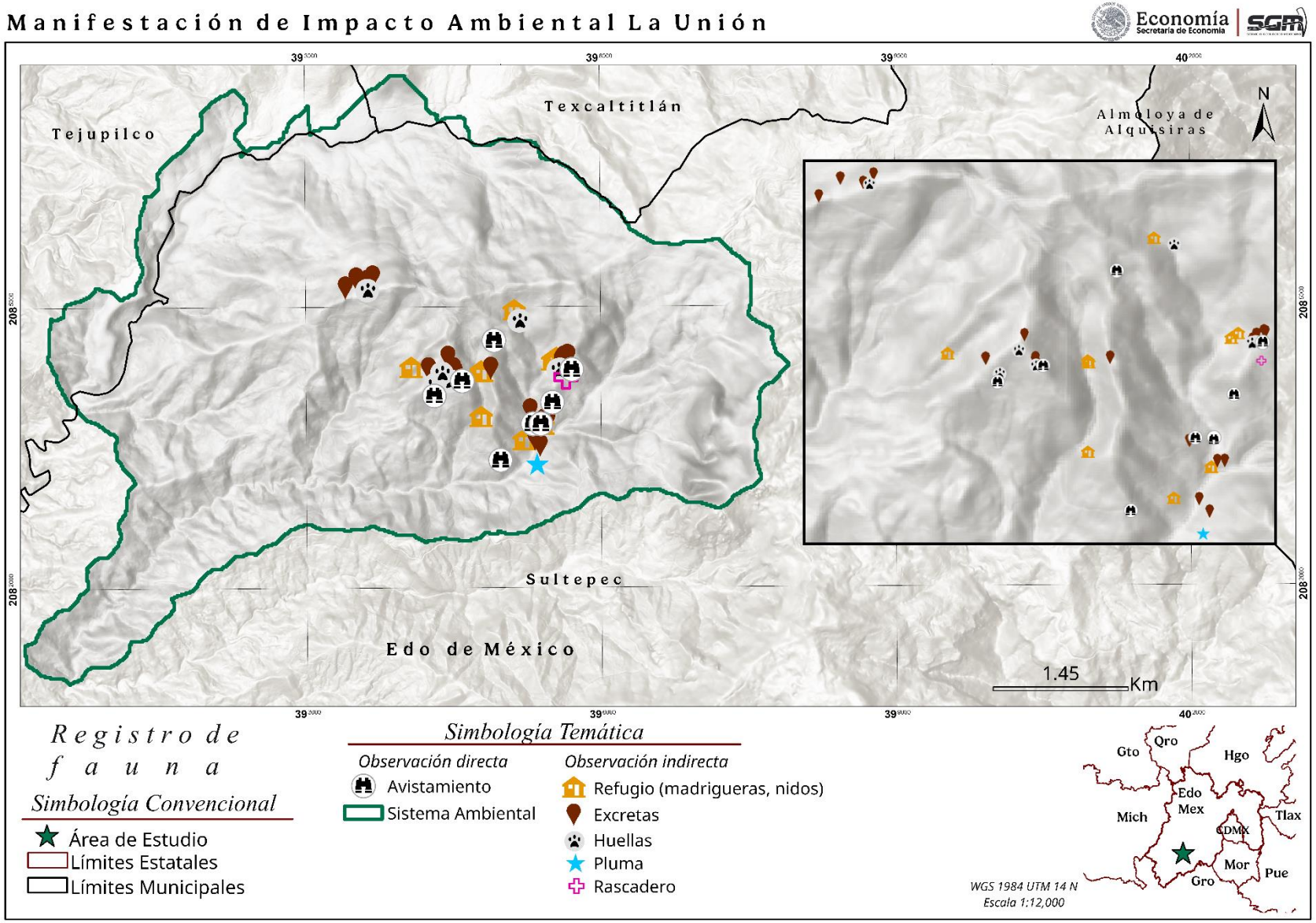


Figura 29. Lugares de registro de especies observadas durante el muestreo de campo.

IV.II.5.2 Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo con lo antes mencionado, durante los recorridos realizados en el SA, se registraron diez especies de fauna, de las cuales, únicamente *Taxidea taxus* (tlalcoyote), se encuentra bajo la categoría de A (Amenazada), según la NOM-059. Por otro lado, *Eugenes fulgens* (colibrí magnífico) se encuentra sujeto al Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), es decir, que, aunque esta especie no está necesariamente amenazada de extinción, podría llegar a estarlo a menos de que se controle estrictamente su comercio; o bien, el comercio puede autorizarse siempre y cuando se conceda un permiso de exportación o un certificado de re exportación. Asimismo, las diez especies enlistadas anteriormente en la Tabla 27 se encuentran bajo la categoría de LC (Preocupación menor) de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Nacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), lo que indica que, todas son especies con amplia distribución y poblaciones abundantes en estado silvestre, indicando un bajo riesgo de extinción.

Es importante recalcar que, con el objetivo principal de evitar pérdidas de los individuos de especies registradas, el personal del proyecto contará con fichas técnicas para conocer las características tanto físicas como de distribución de éstas (Anexo IX).

IV.II.5.3 Análisis de la fauna

Posterior a la evaluación de los criterios del SA, se determinó que, el tipo de muestreo que mejor se adapta a las condiciones de la fauna, es el muestreo no probabilístico de tipo oportunista; es decir, que, no se sigue un diseño de muestreo estructurado con reglas fijas de esfuerzo, espacio o tiempo, más bien, se registra lo que se observa directa e indirectamente conforme uno avanza sobre los transectos establecidos. Es importante mencionar que, el método llevado a cabo no asevera que se tiene un inventario completo de la fauna de vertebrados terrestres de la zona (aves, mamíferos, reptiles y anfibios); sin embargo, se obtuvo información suficiente para establecer una caracterización general de la fauna existente en el área de estudio.

Una de las técnicas empleadas previo al trabajo de campo, fue realizar un análisis de las especies con probabilidad de incidencia, mediante la revisión de bases de datos de distribución y registro de éstas, con el objetivo de facilitar el reconocimiento de evidencias directas (avistamiento) e indirectas (refugios, excretas, huellas, etc.) durante el muestreo.

A partir de los registros de presencia de fauna derivados de evidencias directas e indirectas, se realizó un análisis cuantitativo de la comunidad faunística, mediante el cálculo de la frecuencia de registro por especie. Con base en estos valores, se estimaron los índices de diversidad: 1) Índice de Shannon e 2) Índice de Simpson, los cuales permiten evaluar la equitatividad, riqueza y dominancia de la fauna registrada en el SA. Es de suma importancia mencionar que, estos cálculos se basan en la frecuencia de registro, por lo que, los resultados representan la diversidad de la comunidad muestreada y no la abundancia real de las especies (número total de individuos dentro del ecosistema).

❖ Frecuencia relativa

La frecuencia es el número de veces que, una especie ocurre en las distintas muestras. La frecuencia relativa se refiere a la aparición de una especie expresada como una proporción de la frecuencia total de todas las especies. En este proyecto, la frecuencia relativa indica la proporción de registros en los que se detectó cada especie, con respecto al total.

A continuación, en la Tabla 28, se presentan los cálculos correspondientes a la frecuencia relativa, es decir, el número de registros correspondientes a cada especie. Cabe mencionar que, la riqueza de especies es igual a diez.

Tabla 28. Frecuencia relativa de la fauna en el SA.

Especie	Registros	Frecuencia relativa (FR)	% (FR × 100)
Dasypus novemcinctus	5	0.12	11.63
Bassariscus astutus	12	0.28	27.91
Odocoileus virginianus	3	0.07	6.98
Pyrocephalus rubinusave	1	0.02	2.33
Eugenes fulgens	1	0.02	2.33
Notocitellus adocetus	1	0.02	2.33
Urocyon cinereoargenteus	13	0.30	30.23
Taxidea taxus	5	0.12	11.63
Cathartes aura	1	0.02	2.33
Geococcyx velox	1	0.02	2.33
Total	**43**	**1**	**100**

Nota: La Frecuencia relativa (FR) se calculó dividiendo el número de registros de una especie, sobre el total de registros.

Con base en los registros de presencia de fauna obtenidos en campo, se identificó una riqueza de especies igual a diez, con un total de 43 registros. El análisis muestra que, *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris) presentó el mayor número de registros (13) con observaciones indirectas mediante excretas; seguido por *Bassariscus astutus* (cacomixtle norteño) con 12 registros; y *Dasypus novemcinctus* (armadillo de nueve bandas) y *Taxidea taxus* (tlalcoyote) con cinco registros cada uno. Por el contrario, especies como *Pyrocephalus rubinusave* (papamoscas cardenalito), *Eugenes fulgens* (colibrí magnífico), *Notocitellus adocetus* (cuinique), *Cathartes aura* (zopilote aura), *Geococcyx velox* (correcaminos tropical) quienes únicamente tuvieron un registro, representan respectivamente el 2.33% del total de registros.

Lo anterior refleja que, según los registros de presencia de fauna en el SA, la distribución de especies no es uniforme, pues, un número reducido de especies concentra la mayor proporción de registros; mientras que, más del 50% de las especies presenta ocurrencias raras o esporádicas.

❖ **Índices de diversidad**

1) Índice de Shannon

Permite evaluar la diversidad de la comunidad de fauna detectada, considerando tanto la riqueza (diez especies), como la distribución de la frecuencia de registro de las especies (equitatividad). Los valores de este índice normalmente oscilan entre 1 y 5, interpretándose de la siguiente forma: valores < 2 = diversidad baja; valores de 2 a 3.5 = diversidad media-alta; valores superiores a 3.5 = diversidad alta (Margalef, 1972).

Derivado del análisis, se obtuvo que, el índice de diversidad de Shannon (H' = 1.84) indica que, el SA presenta una diversidad faunística baja; lo que asimismo sugiere que, la comunidad muestreada se encuentra desequilibrada, pues existe una dominancia marcada por algunas especies, específicamente *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris) y *Bassariscus astutus* (cacomixtle norteño). Cabe mencionar que, en muestreos reducidos como el que se llevó a cabo en el SA, debido al número de registros de fauna, la diversidad según el índice de Shannon podría considerarse media y no baja.

2) Índice de Simpson

Se emplea ampliamente en ecología para evaluar la diversidad de comunidades; en este caso se consideró tanto la riqueza de especies como la frecuencia relativa. Es importante mencionar que, el valor de este índice puede expresarse en diferentes formas; en su forma complementaria que fue la que se empleó en este proyecto (1-D = Diversidad), los valores cercanos a 1 representan mayor diversidad, y mientras más cerca de 0 se encuentre el valor, menor diversidad habrá. En otras palabras, a medida que el valor de D (Dominancia), aumenta, la diversidad disminuye.

El valor obtenido según los cálculos realizados (1-D) es igual a 0.796, lo que expresa que, en el SA, la diversidad de la comunidad faunística registrada es alta según el Índice de Simpson, esto porque el índice de Simpson es menos sensible a la presencia de especies raras y refleja el grado de dominancia de las especies más abundantes, aun cuando la equidad de la comunidad sea baja.

Es importante reiterar que, los índices de diversidad fueron calculados con base en la frecuencia de registros, por lo que, los resultados describen la estructura de la comunidad faunística detectada dentro del SA; es decir, no se habla de la abundancia poblacional real de las especies.

IV.II.6 Paisaje

El paisaje es considerado como un componente ambiental relevante, involucra la armonía de la interacción visual o arquitectónica de los diversos elementos geométricos, texturas y formas que integran cada campo de visión, es una parte fundamental del ambiente cuya calidad escénica puede alterarse significativamente debido a las actividades antropogénicas.

De acuerdo con lo anterior, el paisaje es un elemento aglutinador de factores bióticos, abióticos y antropogénicos que inciden en una región determinada. Puede tener dos acepciones: como la imagen del territorio que es percibida y valorada por el observador (visión subjetiva), y como un

hecho real que existe en la superficie terrestre, es decir, como un hecho complejo y dinámico (visión objetiva). La diferenciación antes descrita, es parte de la evolución del término, así como la incorporación de formas físicas, culturales, intervenciones humanas, herencias históricas hombre-naturaleza y la relación dialéctica de sus componentes (Rodríguez Esteves, 2020).

La complejidad del estudio del paisaje radica en la variabilidad sensitiva que se debe considerar, bajo este contexto, el presente proyecto aborda la descripción de este complejo componente desde la percepción visual con la finalidad de entenderlo como un elemento valioso desde la percepción escénica (visión subjetiva); además, de acuerdo con González (1981), el paisaje se define como percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas. Cabe señalar, que, aspectos como el tipo de roca y clima contribuyen a su vez a través de agentes erosivos, al modelado definitivo del paisaje que presenta muchas variantes (Rzedowski, 2006).

Considerando lo anterior, se determinó la calidad paisajística con base en la clasificación de la información y posteriormente se incluyó una valoración de datos disponibles como el relieve y la vegetación; mientras que, para la fragilidad paisajística se considera la influencia de asentamientos humanos, así como la cobertura de vegetación incidente en las áreas de interés.

IV.II.7 Características del paisaje

Con base en el análisis del mapa de paisajes Físico-Geográficos de México, escala 1:500,000, elaborado por Priego et al., (2008), se identificó que el SA incide en siete unidades de paisaje, considerando sus componentes, como el relieve, clima, vegetación y la intervención humana (uso del suelo); estas se clasifican a partir de las características regionales. A continuación, se describen las unidades y especies de paisaje identificadas en el SA (Figura 30).

- **Especie de paisaje No. 199**

Se clasifica dentro del apartado XIII.2- Montañas tectónicas en clima templado. Le especie se constituye principalmente por montañas tectónicas (en bloques) constituidas por rocas del complejo metamórfico indiferenciado en clima templado húmedo a subhúmedo, con bosque mixto, bosque de encino, bosque de coníferas y pastos inducidos sobre cambisol, regosol, leptosol y luvisol.

- **Especie de paisaje No. 206**

De acuerdo a las características identificadas en la región, la especie de paisaje pertenece a la clasificación XIII.3- Montañas tectónicas en clima semicálido. La especie se caracteriza por tener montañas tectónicas (en bloques) constituidas por rocas del complejo metamórfico indiferenciado en clima semicálido húmedo a subhúmedo, con cultivos agrícolas, selva subcaducifolia, bosque de coníferas, pastos inducidos, selva perennifolia y subperennifolia y pastos cultivados sobre suelos de tipo acrisol, regosol, cambisol, leptosol y luvisol.

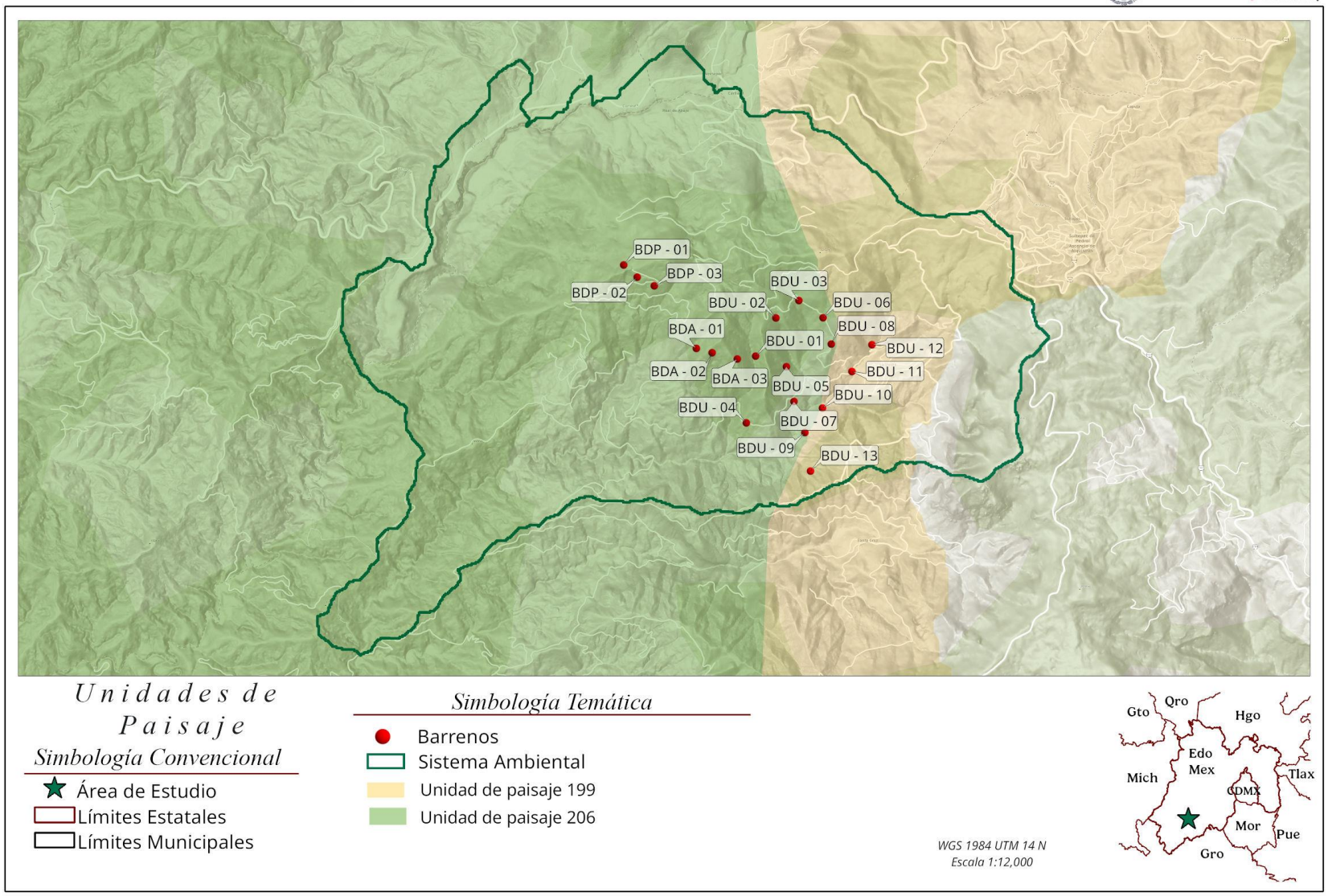


Figura 30. Unidades y especies de paisaje dentro del Sistema ambiental
Elaboración propia con datos de Priego et al., (2008).

Además, las especies de paisaje mencionadas anteriormente son parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, se extiende de noroeste a sureste paralelamente y muy próxima a la costa del pacífico, desde Jalisco hasta el Istmo de Tehuantepec, la continuidad del sistema montañoso se interrumpe por algunos valles y una serie de ríos. Sus alturas son muy variables, aunque generalmente se mantienen por encima de los 1,000 msnm. La subprovincia fisiográfica es la Depresión del Balsas, caracterizada por presentar una amplia región de tierras bajas que se intercalan entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur, cabe señalar que, sus partes más bajas están situadas entre 300 y 500 m de altitud (Rzedowski, 2006). En el área de estudio no se registran cuerpos de agua (Fotografía 34).



Fotografía 34. Vista general del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth, 2026.

Los diecinueve barrenos propuestos están ubicados de la siguiente forma; BDP-01, BDP-02, BDP-03, BDA-01, BDA-02, BDA-03, BDU-01, BDU-02, BDU-03, BDU-04, BDU-05, BDU-06, BDU-07, BDU-08, BDU-09 inciden en la unidad de paisaje 199, los barrenos BDU-10 BDU-11, BDU-12, BDU-13 se encuentra en la unidad de paisaje 206.De acuerdo con lo anterior, se analizaron las características topográficas con base en la información del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) que presenta una resolución de 5 m, donde se determinó que el área de estudio tiene una diferencia altitudinal que fluctúa entre los 384 m, entre los 2,078 msnm y 1,700 msnm (Figura 31), con una inclinación promedio que oscila entre los 11° y <35°.

Cabe señalar que en las planillas de barrenación no se encuentra ningún cauce, sin embargo, se encuentra en las inmediaciones del SA la corriente El Naranjo ubicada al norte del SA y una corriente superficial de tipo perenne al sur, en este contexto, las condiciones climáticas de la región favorecen la presencia de bosque de encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino y bosque de encino pino, fase secundaria arbórea de bosque de pino-encino y de pastizal inducido (Fotografía 35). Además, durante los recorridos de campo se observaron individuos arbóreos como arrayán, encinos, pinos y huizaches, dentro del SA, debido a las condiciones de exposición y la altitud favorecen el desarrollo de estas comunidades vegetales.



Fotografía 35. Panorámica de la vegetación del SA.

Con base en lo descrito previamente, el desarrollo del proyecto generará modificaciones mínimas, no obstante, es importante verificar la capacidad de resiliencia que presenta, con la finalidad de determinar los efectos derivados del proyecto en comento, realizando una evaluación cuantitativa. La información que se describe en el presente apartado, fue recopilada por levantamientos de campo, así como de análisis posteriores con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), por lo anterior, es importante evaluar tres aspectos relevantes: 1) Visibilidad, 2) Calidad paisajística, y 3) Fragilidad Visual; para cada uno de estos elementos, se tomaran en cuenta los métodos propuestos en la Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental Minero Modalidad: Particular (SEMARNAT, 2002).

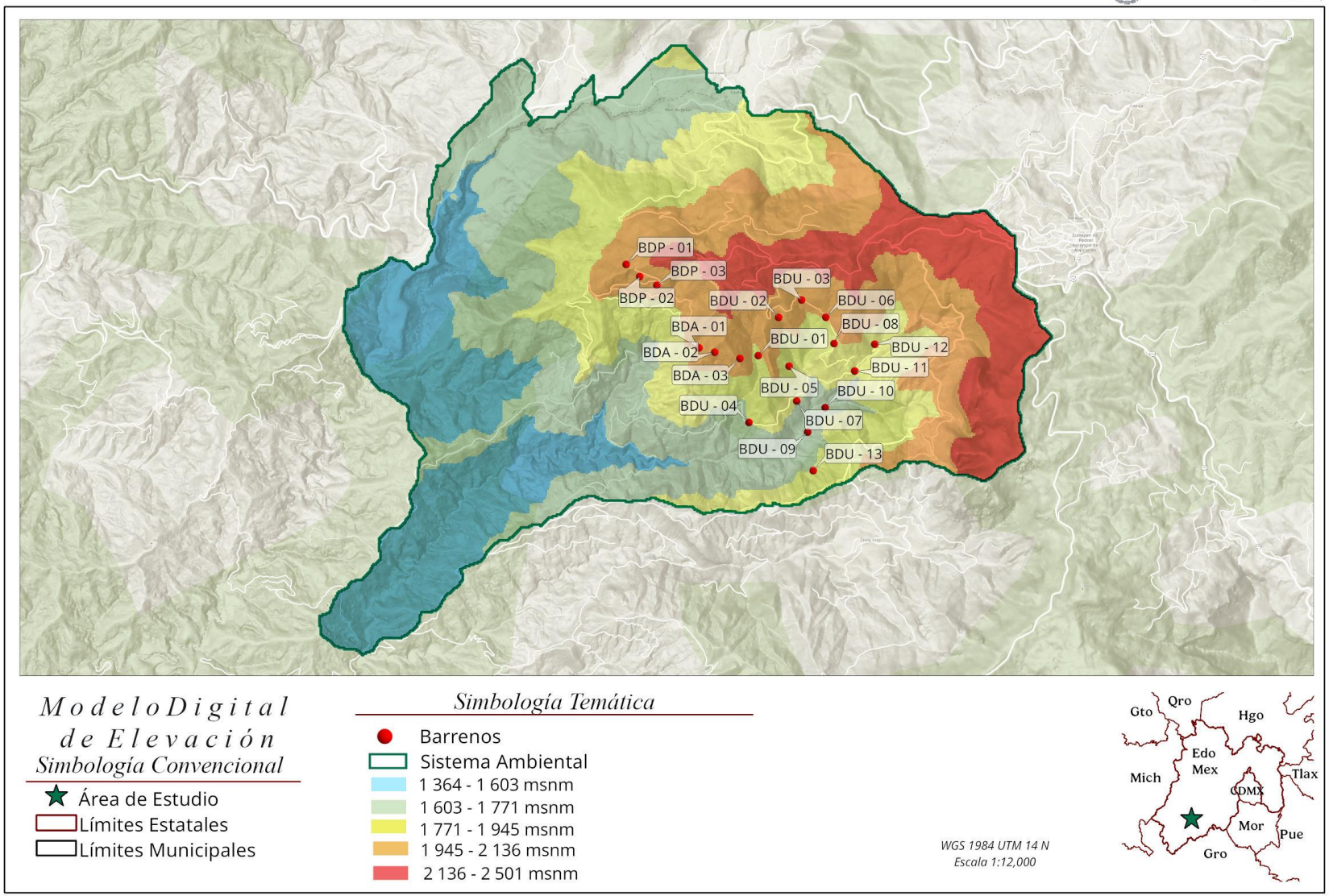


Figura 31. Modelo digital de elevación en e l área de interés.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025b).

IV.II.7.1 Visibilidad

Diversos conceptos de visibilidad del paisaje se han desarrollado a través del tiempo, sus características y atributos hacen compleja su definición, sin embargo, de acuerdo con Inglis et al., (2022), el análisis de visibilidad y calidad del paisaje consiste en calcular modelos espaciales en áreas geográficas que pueden ser avistadas desde un punto específico, conocido como cuenca visual, para el cálculo de los puntos avistados, se requieren algoritmos de alto desempeño que proveen un análisis eficiente y confiable. En este contexto, los modelos de visibilidad en Sistemas de Información Geográfica se han vuelto una herramienta fundamental, en la investigación referente a la interacción humana, así como en la planeación paisajística. Además, se incluye el panorama visual del área que pertenece a la caracterización de no solo lo que es visto, si no también, de la conexión visual que presentan los humanos con el ambiente circundante en un campo de visión tridimensional.

Con base en lo anterior, para realizar el análisis de visibilidad se utilizó el software Arcgis PRO versión 3.5, empleando una visualización 3D y tomando como referencia, la ubicación de las localidades cercanas y el modelo digital de elevaciones obtenido a partir del procesamiento de Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución mediante la tecnología Light Detection and Ranging (LIDAR) con resolución de 5 m (INEGI, 2025b). Para ello, se requiere de un modelo ráster (con celdas), donde se determinan las ubicaciones visibles para un observador. En este contexto, se toma en cuenta la visibilidad del centro de cada celda, calculando el ángulo de la pendiente hacia el centro de la celda con el ángulo de altitud hacia el horizonte local, donde el horizonte local se obtiene considerando el terreno que interviene entre el punto de observación y el centro de la celda actual, por lo que, si el punto se encuentra por encima del horizonte local, se considera visible, de lo contrario no es visible.

En este contexto, se determinó un campo de visión radial y uno lineal para determinar si la capa objetivo, compuesta por los barrenos programados donde se llevarán a cabo actividades de exploración, serán visibles, además, se identificaron localidades cercanas al área de interés. Aludiendo a lo previamente mencionado, se identificaron zonas visibles y no visibles en el área de interés, la orientación es N-S, detectando cercanía de las localidades rurales: Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía), La Albarrada, La Unión, San Lucas, San Martín, Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) y Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás); pertenecientes al municipio de Sultepec y la localidad urbana denominada de la misma forma, localizada al este del SA; además se identificó como localidad rural Pantoja, perteneciente al municipio de Tejupilco ubicada al norte del SA.

De acuerdo con el análisis de visibilidad en el área de estudio, con base en la ubicación de las comunidades más cercanas referidas previamente, se determinó que por las condiciones del relieve las obras del proyecto no serán visibles desde los asentamientos humanos, sin embargo, hay que consideran la cobertura vegetal que incide en la región, además las diferencias de altitud dificultarán la visibilidad de las obras a los pobladores, como se puede observar en la Figura 32.

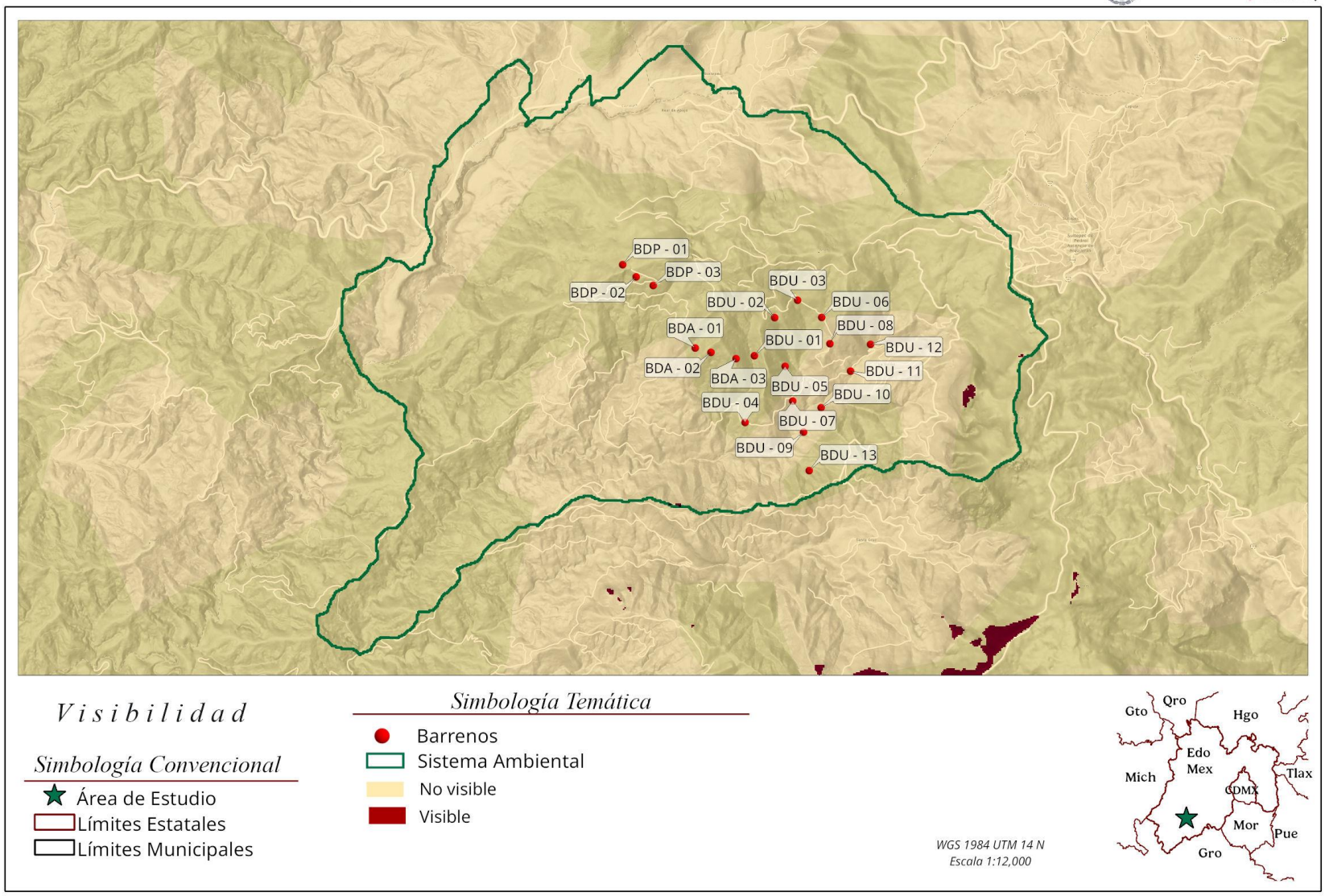


Figura 32. Mapa de visibilidad del área de interés.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025b).

IV.II.7.2 Calidad paisajística

De acuerdo con Wartmann et al., (2021), la calidad paisajística es la excelencia estética de un paisaje en la cual existen dos paradigmas para evaluarla: 1) Aproximación objetiva y, 2) Aproximación subjetiva; la aproximación objetiva percibe la calidad del paisaje como una característica física inherente al mismo, que puede ser determinada y clasificada por expertos, mientras que, la aproximación subjetiva considera la calidad visual a partir de la interacción entre el observador y el paisaje, el cual requiere la evaluación de la percepción de las personas. El paradigma objetivo puede ser ejemplificado a través de una evaluación basada en el conocimiento de expertos, que incluyen clasificaciones del paisaje; mientras que, el paradigma subjetivo se ilustra en estudios que responden a las preferencias paisajísticas, así como a la contribución física.

Con base en lo anterior, diferentes índices son comúnmente utilizados para evaluar diversas características del paisaje, tales como: uso y cobertura de vegetación, valores ecológicos, características visuales y culturales, así como la percepción social a través del tiempo.

En este contexto, como se puede apreciar, las características espaciales y no espaciales, determinan la calidad paisajística de un área específica, en conclusión, se entiende por calidad paisajística a la funcionalidad y estructura visual encontrada en un lapso de tiempo determinado (Sowinska y Michalik, 2020). Además, el paisaje tiene un valor intrínseco, su valoración cualitativa que se puede definir por medio de: 1) La calidad visual taxativa, 2) Calidad de las vistas directas que desde él se divisan y, 3) Horizonte escénico que lo enmarca; es decir, es el conjunto de características visuales y emocionales que evalúan la belleza del paisaje (Cifuentes, 1979).

Según la guía metodológica para el estudio del paisaje de la Conselleria de Infraestructuras Territorio y Medio Ambiente (2012), se consideraron los siguientes puntos para la identificación de los recursos paisajísticos que permitan valorar la calidad del mismo:

- Se cataloga como recurso paisajístico de interés natural a las áreas o elementos que gocen de algún grado de protección, declarado o en trámite, de carácter local, regional, nacional o internacional, así como áreas o elementos del paisaje altamente valorados por la población por su interés natural.

- El recurso paisajístico de interés cultural son los elementos o sitios con algún grado de protección de carácter local, regional, nacional o internacional, apreciado por la sociedad como hitos en la evolución histórica y cuya alteración, ocultación o modificación sustancial de las condiciones de percepción fuera valorada como una pérdida de los rasgos locales de identidad o patrimonial.

- Se identifica como recurso paisajístico de interés visual, a las áreas y elementos visualmente sensibles cuya alteración o modificación puede hacer variar negativamente la calidad de la percepción visual del paisaje.

En este marco, la población desempeña un rol activo en el manejo y planeación del paisaje, que a su vez representa un elemento ambiental, así como su evolución a través del tiempo debido a las actividades antropogénicas e implicaciones culturales de la zona. El paisaje puede ser identificado como una combinación entre componentes naturales y culturales. Las condiciones morfológicas ambientales y culturales de un territorio son características que constituyen la base de una serie de indicadores que contribuyen a implementar políticas locales con la finalidad de salvaguardar la calidad paisajística de la región (Bruni, 2016).

En este contexto, la región donde se desarrollará el proyecto cuenta con un recurso paisajístico de interés natural, debido a que incide en el área de importancia ambiental RTP 120. Sierra de Taxco-Huautla (Fotografía 36), donde el tipo de vegetación predominante es el de bosque de encino con diferente proporción de asociación con pino, aunque la diversidad de ecosistemas incluye también selva baja caducifolia, así como áreas perturbadas, en donde se presenta agricultura de temporal y pastizal inducido.



Fotografía 36. Panorámica del área de estudio.

Las actividades económicas que se plantean llevar a cabo en el SA, no representan un cambio circunstancial en el paisaje ni perturbación a pesar de que la región presenta cualidades paisajísticas intrínsecas de importancia; cabe señalar que las actividades planeadas no implican ningún desequilibrio ecológico en la región, ya que el desarrollo del proyecto contempla zonas específicas en planillas previamente programadas, aunado a lo anterior, el personal operativo está capacitado y tiene indicaciones estrictas que establecen la prohibición enfática a realizar actividades de caza, daño, captura y/o molestar a la fauna del lugar.

IV.II.7.3 Fragilidad

La valoración de la fragilidad paisajística requiere la implementación de estrategias, con base en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para realizar un análisis integral de características físicas, ambientales, antropogénicas, ayudando a entender la dinámica ambiental en la región, así como auxiliar en la toma de decisiones. La fragilidad es la susceptibilidad que presenta un ecosistema ante condiciones de su equilibrio dinámico de acuerdo a características intrínsecas y extrínsecas. El concepto es utilizado para evaluar el comportamiento que tiene el ecosistema bajo diversas condiciones que incluyen vulnerabilidad ecológica del hábitat, contaminación del agua, inundaciones y degradación ambiental (Da Silva Anjinho et al., 2021).

En lo que respecta a la degradación paisajística, se determina con base en la evaluación de riesgos ecológicos, integrada por dos componentes principales: 1) Fragilidad y 2) Perturbación. La fragilidad paisajística depende de las características locales del paisaje, también es conocida como vulnerabilidad paisajística, la cual indica el grado de susceptibilidad al cambio que presenta la clase o un tipo de paisaje, mientras que la perturbación paisajística indica los procesos ecológicos como fragmentación, asolación (devastación) y dominancia (Listyaningrum et al., 2024). Este apartado se desarrolló con base en una perspectiva visual, tomando en cuenta que se puede definir como la susceptibilidad que tiene un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él, en este contexto, Montoya y Standford (2003), consideran elementos que deben contemplarse para la valoración cualitativa de la fragilidad del paisaje, los cuales serán descritos a continuación

- **Vegetación y usos del suelo**

La vegetación existente y los usos de suelo en un territorio, son factores fundamentales para la evaluación de la calidad del paisaje por ser un elemento extensivo a todo el sistema ambiental. En este marco, las características de la vegetación permiten ocultar las actividades que se realicen en el territorio, de acuerdo a lo anterior, las formaciones vegetales con mayor altura y con mayor complejidad de estratos, así como mayor grado de cubierta vegetal; son consideradas con menor grado de fragilidad ambiental. En este contexto, de acuerdo con (INEGI, 2021d), se identificó la presencia de bosque de pino-encino, bosque de encino-pino en su fase secundaria arbórea, bosque de encino en su fase primaria y secundaria en fase arbórea y arbustiva, pastizal inducido y agricultura de temporal, es importante mencionar que existe mayor proporción de individuos de encinos que dificultan la visualización de las áreas de interés.

- **Pendiente**

La fragilidad paisajística aumenta cuando existe mayor pendiente, debido a que existe una mayor exposición de las actividades que se llevarán a cabo, donde las pendientes mayores a 15° presentan mayor fragilidad, por lo tanto, se ha calculado la pendiente en cada punto del territorio determinando que los barrenos BDU – 01, BDU–04, BDU-05, BDU–06, BDU –07, BDU–09, BDU–10, BDU-12, BDU–13, BDP–01, BDP–03, BDA–01, BDA–02, BDA-03; tienen pendientes mayor a 15°, se ejecutarán obras de nivelación y estabilización geomecánica en 14 de las 19 planillas proyectadas. Esta adecuación es estrictamente necesaria para mitigar gradientes superiores al 15% y garantizar una plataforma segura para el anclaje y operación de la maquinaria de perforación.

❖ **Fisiografía**

Para la evaluación del presente atributo se requiere contemplar condiciones topográficas y la disposición espacial, que, vinculadas a las unidades del paisaje identificadas, permiten la evaluación de la fragilidad. Con base en lo anterior, se deben tomar en cuenta características como altitud, pendiente y geoformas existentes en el territorio. En este contexto, se consideran de mayor fragilidad zonas con mayor altitud o cimas, algo menor las laderas y por ultimo los valles, así como geoformas abruptas. En lo que respecta al área de estudio, los terrenos tienen pendientes de grado media a elevada, gradiente altitudinal que favorece bosque de encino-pino y encino, fase primaria y secundaria y pastizal inducido, con interés para la ganadería. Los de mayor altitud son los barrenos BDP-01 programado a los 2,078 msnm y BDP-02 programado a los 2,054 msnm; mientras que los barrenos con menor altitud son BDU-10 programado a los 1,718 msnm y BDU-09 programado a 1,700 msnm respectivamente. Se presenta una diferencia altitudinal de 378 m, por lo tanto, su fragilidad visual será de grado medio, cabe reiterar que las planillas de barrenación no serán avistadas debido a la lejanía de las localidades, así como las características del relieve.

❖ **Forma y tamaño de la cuenca visual**

Se considera que a mayor extensión de la cuenca visual mayor fragilidad, ya que cualquier actividad a realizar en una unidad extensa podrá ser avistada desde un mayor número de puntos. Referente a su forma se ha evaluado en función del tamaño, ya que para grandes unidades se considera de mayor fragilidad aquella cuya forma establezca una direccionalidad en las vistas (forma de elipse) y de menor fragilidad si la forma es redondeada. La influencia de la forma cuando se trate de una unidad pequeña será al revés, las de menor fragilidad serán las formas elípticas, en vez de las circulares. Para este elemento se consideró el análisis de visibilidad a partir de datos ráster, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica realizado para el área de estudio en función del modelo digital de elevaciones, contemplando la ubicación de localidades cercanas, determinando que, si bien, la forma de la cuenca es circular, abarca una extensión de 2,752 ha, razón por la cual se clasifica como microcuenca, por ende, no favorece la percepción de las actividades del proyecto.

❖ **Compacidad**

Este factor considera que las cuencas visuales con menor complejidad morfológica presentan mayor dificultad para ocultar visualmente una actividad o intervención. En este sentido, el área de estudio presenta una complejidad morfológica moderada, asociada a la presencia de elevaciones con altitudes variables y zonas bajas vinculadas a cauces. Por lo anterior, se determina que los trabajos desarrollados por el proyecto no representan una afectación significativa sobre la fragilidad visual del paisaje, ya que las condiciones del relieve contribuyen parcialmente a integrar u ocultar visualmente las actividades. No obstante, la fragilidad de la zona se clasifica como media, por lo que se recomienda considerar medidas de integración paisajística durante la ejecución del proyecto.

❖ **Distancia a localidades y vías de comunicación**

Se incluye esta consideración debido a la influencia de los observadores potenciales en el territorio. Evidentemente, el impacto visual de una actividad será mayor en las proximidades de zonas habitadas o transitadas que en lugares inaccesibles. Para evaluar la incidencia de este parámetro se ha clasificado el territorio en función de la distancia a la red vial y zonas urbanas, por lo cual se determinó. Para evaluar la incidencia que presenta este parámetro se ha clasificado el territorio en función de la distancia a la red vial y zonas urbanas, por lo cual se determinó que existe una fragilidad media por la existencia de caminos no asfaltados y que la red vial se encuentra aproximadamente a 2 km del área de interés, sin embargo a pesar de la proximidad del área a la red vial, no existen observadores cercanos, por lo tanto, se dificulta la observación de las actividades programadas desde las zonas urbanas.

Como conclusión, con base en las consideraciones anteriores la fragilidad y calidad visual permite conocer con mayor detalle el área de interés y sirve como punto de partida para tener un aprovechamiento integral de los recursos naturales. De acuerdo a lo anterior, se determinó que las unidades de paisaje del área de estudio cuentan con un grado alto de calidad paisajística y un grado relativamente bajo de fragilidad visual, principalmente por las condiciones del relieve y la cobertura de vegetación que hay en la región, en este marco, se deben de considerar estas variables del paisaje para tener una mejor planificación, así como actividades a implementar en un territorio.

IV.II.8 Medio Socioeconómico

IV.II.8.1 Población

De acuerdo a los datos del Marco geoestadístico 2025 del INEGI (2025a), se identificaron cinco localidades rurales del municipio de Sultepec dentro del SA, sin embargo, las localidades rurales de Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás) y Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) y la localidad urbana Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, del municipio de Sultepec, así como también, la localidad rural Pantoja, del municipio Tejupilco, se sitúan en los límites del SA, como se observa en la Figura 33, por lo que serán tomadas en cuenta para el análisis del medio socioeconómico.

A continuación, en la Tabla 29, se muestran las localidades rurales y de la zona urbana que se encuentran dentro y en los alrededores del SA, así como la cantidad de habitantes que se registraron en el censo de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía realizado en el año 2020 (INEGI, 2021a).

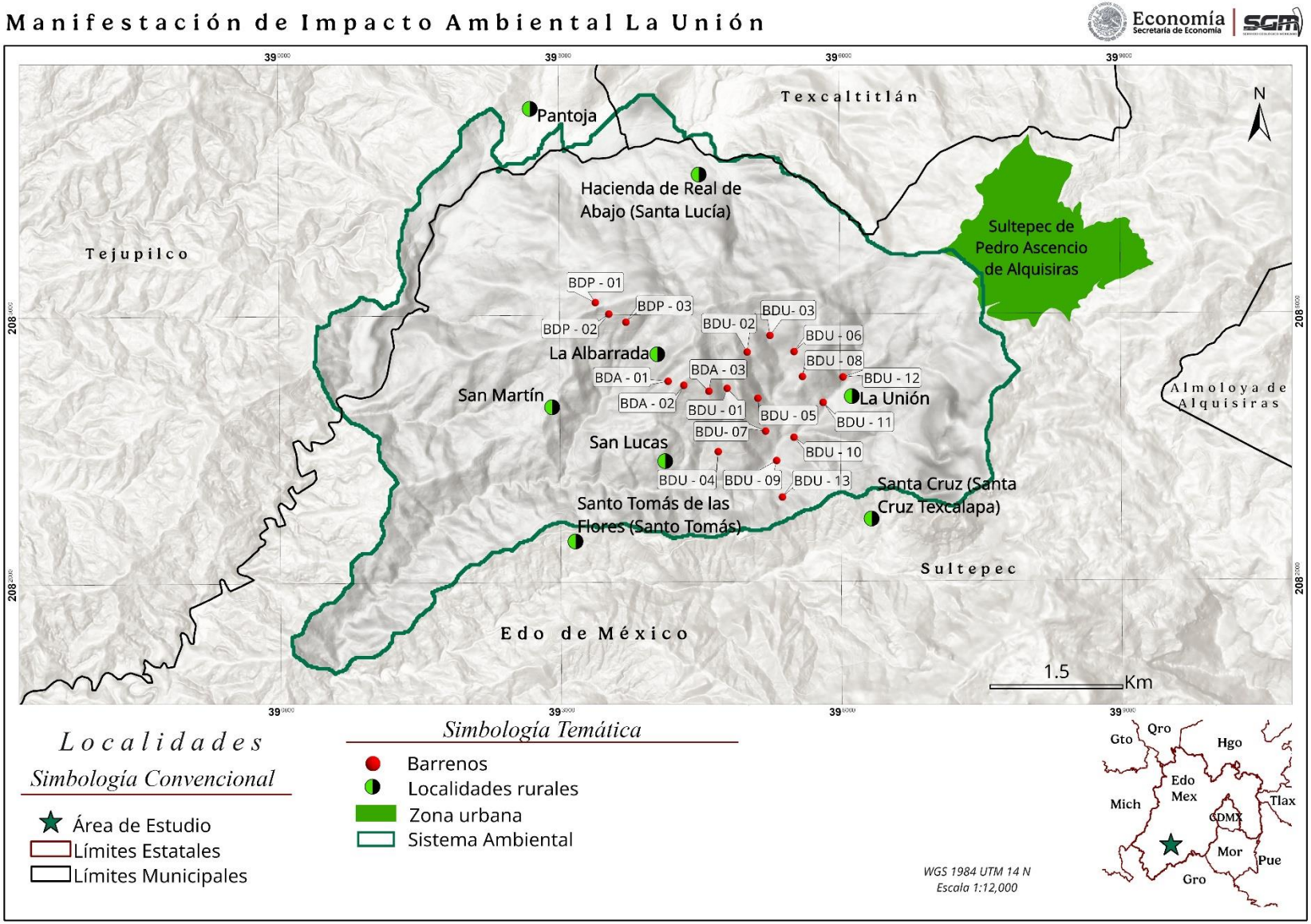


Figura 33. Localidades rurales y zona urbana dentro y en los alrededores del SA.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2025a).

Tabla 29. Población total de las localidades ubicadas dentro y en los alrededores del SA.

Municipio	Localidad	Clave	Población total	Población femenina	Población masculina
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	0023	111	56	55
	La Albarrada	0002	105	52	53
	La Unión	0040	150	80	70
	San Lucas	0064	190	90	100
	San Martín	0065	214	114	100
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	0033	2,663	1,404	1,259
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	0034	462	246	216
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	0001	3,880	2,029	1,851
Tejupilco	Pantoja	0110	695	368	327

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021a).

La distancia con el punto de barrenación más cercana a las localidades, se puede observar detalladamente en la Tabla 30.

Tabla 30. Distancias de la población al área del barreno más cercano.

Municipio	Localidad	Distancia (m)
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	1,816.81
	La Albarrada	326.12
	La Unión	236.80
	San Lucas	585.16
	San Martín	1,245.78
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	984.51
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	1,831.38
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	2,489.40
Tejupilco	Pantoja	2,291.68

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2025a).

El comportamiento respecto al censo poblacional en las localidades identificadas, en las tres últimas décadas, se puede observar con detalle en la Tabla 31. De los censos correspondientes a los años de 1990 y 1995 no se tiene registro de la comunidad Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía); por otro lado, se aprecia que, las localidades La Albarrada, La Unión, San Lucas y Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, presentaron un decremento en la población del 24.1, 18.4, 15 y 10.1% respectivamente, durante el censo de 1990 al conteo de 1995.

Las localidades de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras y Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) presentaron el mayor número de población con respecto al último censo realizado (2020). Sin embargo, las localidades que presentaron un decremento considerable durante los censos del 2010 y 2020 fueron La Albarrada (19.8%), Pantoja (18.6%), Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía, 13.3%) y Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás, 9.8%).

Tabla 31. Información del Censo de Población y vivienda desde 1990 hasta el 2020.

Municipio	Localidad	Población total 1990	Población total 1995	Población total 2000	Población total 2010	Población total 2020
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	*	*	143	128	111
	La Albarrada	166	126	150	131	105
	La Unión	185	151	172	161	150
	San Lucas	160	136	141	184	190
	San Martín	169	214	220	189	214
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	1,728	1,793	2,127	2,448	2,663
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	498	529	540	512	462
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	2,597	2,334	3,575	3,595	3,880
Tejupilco	Pantoja	621	664	709	854	695

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (1990, 1995, 2000, 2010, 2021).
Nota: *= Sin dato registrado.

IV.II.8.2 Empleo

En la Tabla 32, se muestra el número de individuos que, se encuentran económicamente activos en las localidades previamente seleccionadas, esta categoría se aplica a la población de 12 años de edad en adelante que realizan alguna actividad económica o buscan incorporarse al mercado laboral, para la fecha del censo de 2020.

Se aprecia que, entre el 40 y 50% de la población de las localidades de San Lucas, Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía), La Unión y Pantoja, se encuentra trabajando, percibiendo un sueldo o bien se encuentran buscando alguna oferta laboral. Mientras que, el resto de las localidades presentan menos del 40% de habitantes que realizan alguna actividad económica, como es en Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) que únicamente el 23.5% de sus habitantes se encuentran económicamente activos.

Tabla 32. Población económicamente activa en las localidades dentro y en los alrededores del SA.

Municipio	Localidad	Población económicamente activa	Población femenina económicamente activa	Población masculina económicamente activa	%
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	47	15	32	42.3
	La Albarrada	25	4	21	23.8
	La Unión	62	22	40	41.3
	San Lucas	93	32	61	48.9
	San Martín	83	23	60	38.8

Municipio	Localidad	Población económicamente activa	Población femenina económicamente activa	Población masculina económicamente activa	%
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	625	115	510	23.5
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	121	12	109	26.2
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	1,884	831	1,053	48.6
Tejupilco	Pantoja	279	89	190	40.1

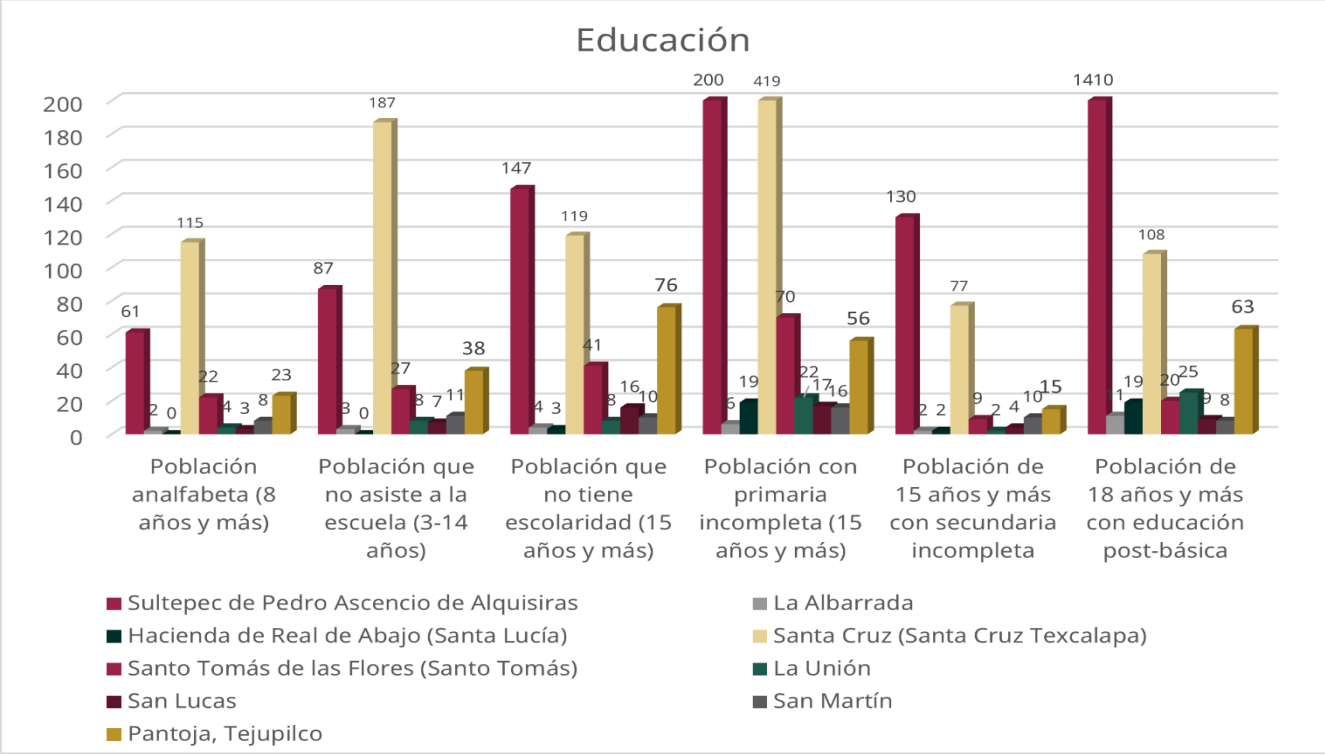
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021a).

IV.II.8.3 Servicios

➢ Educación

En el siguiente apartado se presenta información sobre las características de las localidades que se encuentran dentro y en los alrededores del SA, con respecto a la educación.

Se identifica que, de los 3,880 habitantes de la localidad de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, el 3.5% son considerados población analfabeta, es decir, que carecen de habilidades para leer y escribir; por el contrario, el 36.34% de los habitantes cuentan con educación post-básica, es decir, que cuentan con bachillerato, preparatoria y estudios superiores. En la localidad La Unión el 9.3% son analfabetas y el 16.67% cuentan con educación post-básica (Gráfica 14).



Gráfica 14. Datos de educación de las localidades pertenecientes al municipio de Sultepec y Tejupilco.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021a).

Por un lado, la población de 15 años y más que tiene escolaridad, las localidades Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, Santa Cruz y Santo Tomás presentan el mayor número de individuos en esta clasificación, mientras que La Unión solo cuenta con 8 personas. Por otro lado, las localidades San Martín y San Lucas, presentan 11 y 7 locatarios de entre 3 y 14 años que no asisten a la escuela. En Pantoja, Tejupilco, en las inmediaciones del SA, 56 personas tienen primaria incompleta y 15 secundaria incompleta.

➢ Salud

A continuación, en la Tabla 33, se muestra la vinculación de la población de las localidades previamente mencionadas al Sistema General de Seguridad Social en Salud, es decir, si están afiliados a servicios médicos en alguna institución de salud pública o privada como; el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI), o en alguna otra.

Tabla 33. Población con derecho a los servicios de salud y bienestar.

Municipio	Localidad	Población sin afiliación a servicios de salud	Porcentaje de población sin afiliación a servicios de salud (%)	Población afiliada a servicios de salud	Porcentaje de población afiliada a servicios de salud (%)
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	20	18	91	82
	La Albarrada	14	13.3	91	86.7
	La Unión	24	16	126	84
	San Lucas	42	22.1	148	77.9
	San Martín	41	19.2	173	80.8
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	435	16.3	2,228	83.7
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	1	0.2	461	99.8
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	776	20	2,955	76.2
Tejupilco	Pantoja	131	18.8	564	81.2

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021a).

➢ Servicios públicos

Con respecto al medio de transporte, y con base en el Censo de Población y Vivienda 2020, el 30.91% de las viviendas habitadas en el municipio de Sultepec cuentan con automóvil o camioneta, el 5.94% disponen de motocicleta o motoneta y el 1.96% utiliza bicicleta como medio de transporte. En el municipio de Tejupilco, el 36.8% cuentan con automóvil o camioneta, el 21.7% disponen de motocicleta o motoneta y el 6.5% utilizan la bicicleta como medio de transporte.

En la Tabla 34 se puede observar la disponibilidad y equipamiento de las viviendas. Se determina que, todas las viviendas habitadas de las localidades de La Albarrada, La Unión, San Lucas y San Martín cuentan con energía eléctrica y agua entubada. En Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras más de 900 viviendas cuentan con todos los servicios públicos. Respecto a la disponibilidad de drenaje, menos de 10 viviendas en La Albarrada, Hacienda de Real de Abajo, La Unión, San Lucas y San Martín no cuentan con este servicio.

En la localidad de Pantoja, en Tejupilco, ubicada en los límites del SA, menos de 3 viviendas habitadas no cuentan con servicio de energía eléctrica y agua entubada,

Tabla 34. Servicios públicos que disponen las viviendas habitadas de las localidades dentro y en los alrededores del SA.

Municipio	Localidad	Viviendas que disponen de energía eléctrica	Viviendas que disponen de agua entubada	Viviendas que disponen de drenaje	Viviendas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje.
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	33	28	32	28
	La Albarrada	29	29	25	25
	La Unión	39	39	34	34
	San Lucas	38	38	28	28
	San Martín	49	49	40	40
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	551	558	454	440
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	126	126	114	112
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	963	955	953	942
Tejupilco	Pantoja	160	159	102	102

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021a).

➢ Vivienda

Tal como se observa en la Tabla 35, las localidades que cuentan con más viviendas particulares son las ubicadas en los alrededores del SA, Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, Santa Cruz y Santo Tomás. Dentro del SA, la localidad La Unión cuenta con 84 viviendas particulares, de las cuales 39 se encuentran habitadas, 12 deshabitadas y 33 de uso temporal, por lo que es la localidad con mayor número de viviendas dentro del SA.

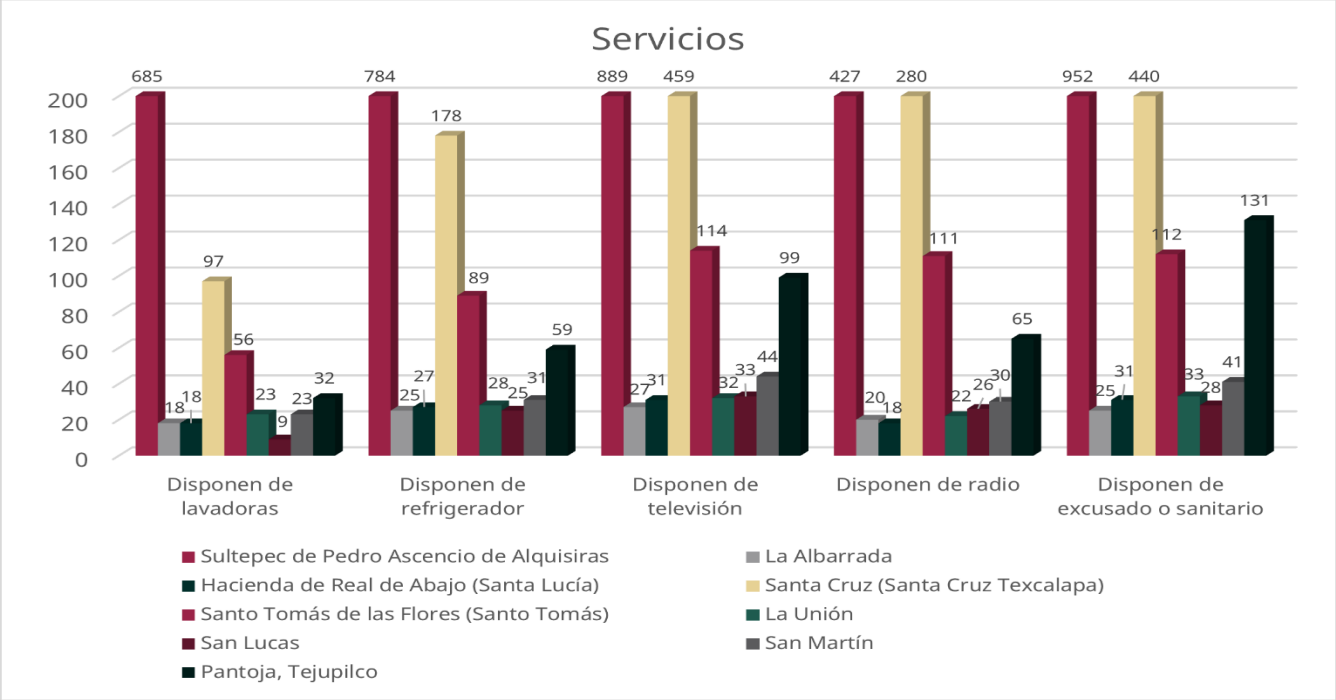
Tabla 35. Viviendas habitadas en las localidades cercanas al SA.

Municipio	Localidades	Total de viviendas particulares	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares deshabitadas	Viviendas particulares de uso temporal
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	65	33	9	23
	La Albarrada	44	29	9	6

Municipio	Localidades	Total de viviendas particulares	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares deshabitadas	Viviendas particulares de uso temporal
	La Unión	84	39	12	33
	San Lucas	52	38	14	0
	San Martín	68	49	18	1
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	846	581	241	24
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	191	127	49	15
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	1,356	972	157	227
Tejupilco	Pantoja	226	161	19	46

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021a).

Los servicios que satisfacen las necesidades de las localidades en el área de interés, son representados en la Gráfica 15.



Gráfica 15. Servicios con los que cuentan las localidades situadas dentro y en los alrededores del SA.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021a).

Se observa que, en la localidad de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras cuenta con el número más alto de viviendas habitadas que disponen de servicios, seguido de la comunidad Santa Cruz, dado que ambas son las localidades más grandes que inciden en el área de interés. Todas las localidades dentro del SA, la mayoría de viviendas habitadas cuentan con un televisor. Las localidades La Albarrada y Santa Lucía, solo 18 viviendas disponen de lavadora; en San Martín 30 viviendas disponen de radio y 31 tienen refrigerador. En La Unión, 33 viviendas habitadas de las 39 tienen excusado o sanitario.

En la localidad La Pantoja, Tejupilco, de las 161 viviendas habitadas solo 131 disponen de excusado o sanitario, 99 cuentan con televisión, y solo 59 tienen refrigerador.

➢ Vías de comunicación

Carreteras, caminos, brechas y veredas son fundamentalmente las vías de acceso para las localidades mencionadas anteriormente. En los límites del flanco oriente del SA se encuentra la carretera estatal Amatepec-La Goleta-Sultepec, de igual manera; dentro de la misma porción la carretera municipal Sultepec - Santa Cruz Texcalapa, conecta a las localidades del mismo nombre con La Unión. En el flanco norte la carretera estatal La Puerta – Sultepec, conecta a las localidades Pantoja y Hacienda de Real Abajo. El resto de localidades dentro del SA se conectan a través de caminos de terracería y brechas, que son caminos rústicos de terracería, y veredas, los cuales son senderos angostos formados por el paso de peatones y animales.

➢ Factores socioculturales

En esta sección se describe la información sociocultural de las localidades que se encuentran dentro y en los alrededores del SA, las cuales, en conjunto forman parte de los municipios de Sultepec y Tejupilco, Estado de México.

El nombre del municipio de Sultepec, proviene de Zultépec o Zolatepec, el cual se traduce como “en el cerro de las codornices”; fue fundada sobre el cerro de Cuauhtépec por los aztecas, quienes fueron vencidos por los matlatzincas en 1486. El actual Sultepec fue erigido por los españoles en 1523; once años después el obispo electo de la Nueva España, Fray Juan de Zumárraga, llegó para beneficiar y dedicar la primera parroquia del Real de Sultepec.

A finales del siglo XVI, las minas de Sultepec fueron las más productivas en plata en toda Nueva España, la remesa anual de este material que se hacía en la Casa de Moneda de la Ciudad de México, ascendía a varios millones. La mina de San Juan Bautista, ubicada a poca distancia de Sultepec, fue una de las más trabajadas por los españoles y que estuvo en bonanza muchas veces. En 1874, existían alrededor de 72 minas y 9 haciendas de beneficio, además, se sabe que durante la época de esplendor de la minería de Sultepec se construyeron los templos del convento.

En 1810, cuando el Padre de la Patria, Don Miguel Hidalgo y Costilla, inició la guerra de Independencia; a principios de octubre del mismo año, antes de cumplirse un mes de revolución, expidió el primer despacho de coronel a favor de su primo Tomás Ortiz Costilla, nacido en Sultepec, además, muchos patriotas de esta región se levantaron en armas apoyando la Independencia.

La localidad de La Unión, ocupa el puesto número 43 en cuanto al número de habitantes; se encuentra ubicado a 2.5 kilómetros en dirección al noroeste de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, a una altitud de 1,858 msnm. En la localidad se encuentran una serie de montañas, ideales para realizar excursiones y actividades al aire libre. Además, se encuentra a 54 km de distancia del Pueblo Mágico de Ixtapan de la Sal.

La Albarrada, es una localidad que se encuentra a 1,562 msnm, ubicada a 4.3 km en dirección al oeste de la cabecera municipal. Ocupa el puesto número 52 en cuanto a habitantes. Los rasgos geomorfológicos que inciden en el área, son los cerros San Joaquín, La Cruz Pintada, El Ocozotl, entre otros, son adecuados para realizar senderismo; además el Pueblo Mágico de Ixtapan de la Sal se localiza a 57 km de distancia.

A una distancia de 5.6 km al oeste de la localidad de Sultepec de Pedro de Ascencio de Alquisiras, se localiza la localidad San Martín, a una altura de 1,796 msnm. De acuerdo al número de habitantes que tiene, ocupa el lugar 36 de todo el municipio. Por las características físicas de la zona se pueden realizar excursiones y actividades al aire libre, gracias a los cerros que se encuentran en la zona.

El poblado de San Lucas, se sitúa a una altitud de 1,741 msnm, a 4.6 km al suroeste de la cabecera municipal. En la localidad habitan 190 personas, por lo que se posiciona en el número 38 de todo el municipio. Se encuentra a 4 km de distancia aproximadamente de las localidades anteriores, por lo que comparte las mismas características orográficas de la zona, dando como resultado áreas adaptables para realizar senderismo, excursiones y actividades al aire libre. Se encuentra a 65 km de distancia del Pueblo Mágico de Ixtapan de la Sal.

La localidad de Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía), se ubica a 4 km al oeste de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, a una altura de 1,808 msnm. Ocupa la posición 53 en cuanto al número de habitantes del municipio. El Pueblo Mágico de Ixtapan de la Sal se encuentra a 70 min en auto (56 km aproximadamente). El área de la localidad cuenta con una serie de montañas para realizar senderismo y actividades al aire libre.

La localidad de Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás) se posiciona en el número 12 en cuanto al número de habitantes. Se localiza a 5.8 km de la cabecera municipal, a una altitud de 1,622 msnm. Este pueblo es considerado uno de los mejores para realizar senderismo, excursiones o actividades al aire libre, gracias a los diferentes cerros de la región.

Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa), es una localidad ubicada en el límite sur del SA, cuenta con 2,663 habitantes, por lo que ocupa el puesto 2 en cuanto al número de habitantes. Se encuentra a 1,922 msnm, a una distancia de 3.9 km al oeste de la cabecera municipal. Debido a las características topográficas del área, se encuentran diferentes cerros, por ejemplo, el Cerro La Aguja, el Cerro El Ornamento, el Cerro Coatepec, en los cuales se puede realizar senderismo y excursiones.

La población de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, es la cabecera municipal de Sultepec, cuenta con 3,880 locatarios, por lo que ocupa el primer lugar con respecto al número de habitantes. Se ubica a 2,312 msnm, sobre el límite occidental del SA. El Pueblo Mágico de Ixtapan de la Sal, se encuentra a 51 km de distancia de dicha localidad. Por sus áreas montañosas en el área, se puede realizar senderismo, excursiones y actividades al aire libre; además cuenta con

varios lugares notables, como es el convento de San Antonio de Padua, el Santuario del Sr. de La Santa Veracruz, el Monumento al Minero, el parque ecoturístico El Mirador, entre otros.

En el año de 1025, los toltecas llegaron a Tejupilco para refugiarse por las destrucciones de su imperio. No existen datos exactos sobre la religión que hayan practicado en la antigüedad, pero es posible que, en sus creencias tengan muchos puntos de contacto con sus antepasados los otomíes, los matlatzincas y los mexicas. El municipio dependió del obispado de México, teniendo desde entonces curato de primera, a la fecha, la religión católica en esta población tiene 471 años de haberse implantado.

El 19 de marzo de 1824, Melchor Múzquiz dio a conocer una lista de 180 pueblos del Estado de México que contaban con Ayuntamiento, y Tejupilco apareció como cabecera de partido; ese fue el inicio de un municipio libre y soberano que, es parte de uno de los Estado más importantes del país.

La localidad de Pantoja, se sitúa a 14.5 km de Tejupilco de Hidalgo, a una altura de 1,708 msnm. Dentro de todos los pueblos del municipio, ocupa el lugar 10 en cuanto al número de habitantes. El Pueblo Mágico de Valle de Bravo está a 62 km de esta localidad. En los cerros de Pantoja se puede realizar senderismo y actividades al aire libre.

Con respecto a la religión y con base en el Censo poblacional 2020 realizado por el INEGI, a continuación, se presentan los datos de la población de las localidades previamente seleccionadas que, tienen como creencia o preferencia espiritual la religión católica, cristiana, evangélica, o que no están adscritas a alguna religión (Tabla 36).

Se observa que, en las localidades de San Lucas y San Martín el 100% de sus habitantes pertenecen a la religión católica; de igual manera, más del 50% de los locatarios en el resto de las localidades son católicos. Caso contrario, el 41.4% de los habitantes de Hacienda de Real de Abajo, el 8.4% de los locatarios de Santo Tomás y el 4.8% de La Albarrada no cuentan con alguna religión o adscripción religiosa. En las localidades de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras, Santa Cruz, Santo Tomás, en Sultepec y Pantoja, en Tejupilco, menos del 6% de la población tienen una preferencia religiosa protestante o cristiano evangélico.

Tabla 36. Población adscrita a algún tipo de religión.

Municipio	Localidad	Población con religión católica	Población con grupo religioso protestante/cristiano evangélico	Población con otras religiones	Población sin adscripción religiosa
Sultepec	Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía)	65	0	0	46
	La Albarrada	100	0	0	5
	La Unión	149	0	0	1
	San Lucas	190	0	0	0
	San Martín	214	0	0	0

Municipio	Localidad	Población con religión católica	Población con grupo religioso protestante/cristiano evangélico	Población con otras religiones	Población sin adscripción religiosa
	Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa)	2,632	7	0	24
	Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás)	407	16	0	39
	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	3,493	210	7	167
Tejupilco	Pantoja	670	17	0	8

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021a).

➢ Fiestas populares, tradiciones y costumbres

Las localidades que fueron previamente descritas, tienen la característica de compartir ciertas festividades que son típicas de los municipios de Sultepec y Tejupilco, Estado de México. A continuación, se describen algunas de las festividades cívicas y religiosas que caracterizan a estos municipios.

El municipio de Sultepec es destacado por sus fiestas fijas y móviles, por lo regular religiosas, como las celebraciones de la Santa Veracruz y de Semana Santa, que, únicamente se realizan en la cabecera municipal. Sin embargo, algunas fiestas religiosas se celebran en todas las comunidades que cuentan con templos católicos, como el de Santa Lucía en Real de Abajo y la Concepción en Sultepequito, entre otros.

Dentro del municipio se celebra anualmente la tradicional feria regional, en la cual se venera al Santo Patrono del lugar, el Cristo de la Santa Veracruz. Dicha feria se lleva a cabo a partir del Miércoles de Ceniza, siendo el día principal el segundo Viernes de Cuaresma; esta fiesta constituye la principal forma de esparcimiento y recreación para los habitantes del municipio; al empezar el novenario se queman vistosos castillos y fuegos artificiales, se realizan danzas, peregrinaciones, jaripeos, corridas de toros, pelea de gallos y bailes populares.

La tradición de día de muertos es única en esta región, ya que está muy recalcada en sus variantes con la mezcla de las tradiciones prehispánicas y las tradiciones de ofrecer comida a todos los asistentes que llegan con una cera.

Las fiestas cívicas, como el 24 de febrero, día de la Bandera; el 5 de mayo, batalla de Puebla; 15 y 16 de septiembre, aniversario de la independencia; el 20 de noviembre, aniversario de la Revolución; entre otras; se celebran en todo el municipio, principalmente en las escuelas.

En el municipio de Tejupilco, se lleva a cabo la Feria Regional Ganadera en el mes de abril; la cual es más que un evento de entretenimiento, ya que también, es una oportunidad para impulsar la economía local. Se llevan a cabo actividades culturales, artísticas, deportivas y gastronómicas. Esta feria tiene sus raíces en las festividades tradicionales del municipio, las cuales buscan

preservar la identidad cultural del pueblo. Otra de las festividades más notorias en el municipio, es la Feria de la Nieve, la cual es una tradición anual que se celebra durante Semana Santa; los habitantes ofrecen una variedad de nieves artesanales, con el fin de apoyar a los comercios locales. Se instala principalmente en el centro de la cabecera municipal, y la visitan las localidades más cercanas a está.

- Localidades indígenas.

Con base en el catálogo de localidades indígenas propuestas por la Secretaría del Bienestar (2023), y el catálogo nacional de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas (INPI, 2026) se indica que, las localidades que fueron descritas previamente, y que, se encuentran dentro y en los alrededores del SA, no se encuentran catalogadas como localidades indígenas.

IV.II.9 Diagnóstico Ambiental

El objetivo de este apartado es presentar, las condiciones en las cuales se encuentra el SA, en el área de interés. Cabe señalar, que para su desarrollo se utilizó la información obtenida en campo, así como recopilación bibliográfica, con la finalidad de describir las características distintivas de esta región.

En el SA se identificó la incidencia de dos unidades climáticas: 1) semicálido subhúmedo con clave (A)C(w_2), y 2) Templado Subhúmedo con clave C(w_2). En el primer caso la unidad climática corresponde al grupo de los climas cálidos, presenta una temperatura media anual mayor a los 18 °C, sin embargo, el mes más caluroso es mayor a 22 °C pertenece a los semicálidos de los templados, el régimen de lluvia corresponde al subhúmedo, caracterizado por un régimen de lluvia en verano y escaso todo el año o de invierno, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm. En el segundo caso, corresponde al grupo templado, con una temperatura media anual entre los 12 °C y 18 °C, presenta una temperatura media que fluctúa entre los -3 °C y los 18 °C, en contraste el mes más caluroso alcanza temperaturas de 22 °C. El subgrupo pertenece a los templados de los templados, cabe señalar que, el régimen de lluvia corresponde al subhúmedo, caracterizado por tener lluvias en verano, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm.

Referente al uso de suelo y vegetación, conforme a INEGI (2021b) , en el SA incide, pastizal inducido con 25.57%, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino abarcando 21.08%, bosque de pino-encino con 18.19%, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino con 13.09%, agricultura de temporal anual con 11.08%, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con 9.57% y bosque de encino con 1.42%.

Con base en la información recopilada en campo, se realizó un análisis en donde se identificó que el total de las especies presentes en el muestreo del SA, corresponde a 54 plantas vasculares, las cuales se clasifican en 20 familias y 46 géneros. Las familias que cuentan con más especies son: Asteraceae (12 especies), Poaceae (8 especies), Fabaceae (6 especies), Fagaceae (5 especies), Lamiaceae (4 especies), Cupressaceae (3 especies), Apiaceae y Cactácea (2 especies, respectivamente); el resto de las familias están compuestas únicamente por una especie. De las

especies catalogadas con probabilidad de incidencia, cuatro se encuentran sujetas a alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 de la SEMARNAT (2020): *Cupressus lusitánica* (cedro blanco) y *Cedrela odorata* (cedro rojo) se encuentran bajo el estatus Sujeto a Protección Especial (Pr); *Astrophytum myriostigma* (bonete) es categorizada como una especie Amenazada (A); y *Platymiscium lasiocarpum* (granadilla) es considerada una especie en Peligro de Extinción. Sin embargo, es importante recalcar que, ninguna de las especies mencionadas fue registrada dentro de las planillas de barrenación.

Respecto al análisis de diversidad ambiental, se concluyó que el SA presenta diversidad intermedia (media-alta), principalmente por tres factores: 1) Tipo de vegetación, 2) Extensión del SA clasificado como microcuenca y 3) Existencia de variabilidad entre unidades de muestreo.

Con base en los resultados obtenidos del análisis, se indica que, el SA presenta una diversidad no homogénea, es decir, existe variabilidad entre las unidades de muestreo. En este contexto, el índice de diversidad de Shannon-Wiener en promedio, considera que, la equidad de los sitios en relación a la distribución y abundancia de especies, es considerablemente alta, pues casi todos los valores se encuentran por encima de 0.5. En términos generales, los resultados obtenidos indican que, el área de estudio presenta uniformidad alta en la abundancia de las especies, reiterando que, existen pocas especies dominantes.

En el SA se puede observar que las especies con menor valor respecto al I. V. I. corresponden a especies raras, que tienen poca abundancia, dominancia, y frecuencia; por ende, suelen tener mayor susceptibilidad a un cambio en el caso de presentarse algún tipo de perturbación ambiental. Se identificó que *Ageratina adenophora* (flor de espuma)*, Antigonon leptopus* (san Miguelito)*, Asclepias glaucescens* (viborona)*, Eryngium heterophyllum* (hierba del sapo) y *Vachellia farnesiana* (huizache) son especies que se encuentran presentes en más del 50% de los transectos realizados.

En lo que respecta a la fauna con probabilidad incidencia en el SA, existen diez especies de fauna, de las cuales, únicamente *Taxidea taxus* (tlalcoyote), se encuentra bajo la categoría de A (Amenazada), según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe señalar que, en caso de observar dicha especie, se realizará ahuyentamiento, sin embargo, durante los recorridos de campo, no se observaron refugios o nidos en las planillas, por lo tanto, la probabilidad de realizar un avistamiento de estas especies es muy baja.

Además, se caracterizó la fauna incidente en el SA, contemplando muestreos en 5 transectos con una longitud de 2,146.4 m, y 7 estaciones olfativas y dos cámaras trampa. Por otro lado, *Eugenes fulgens* (colibrí magnífico) se encuentra sujeto al Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), es decir, que, aunque esta especie no está necesariamente amenazada de extinción, podría llegar a estarlo a menos de que se controle estrictamente su comercio; o bien, el comercio puede autorizarse siempre y cuando se conceda un permiso de exportación o un certificado de re exportación.

Respecto al análisis de precipitaciones, se identificó que en los meses en los que mayor registro de precipitaciones existe corresponden los meses de junio a octubre, en contraparte, los meses en los que menor precipitación hay son diciembre, enero, febrero, marzo y abril. El promedio de las precipitaciones registradas en los meses con mayor ocurrencia fluctúa entre los 295 mm a 250 mm.

En alusión a las características edafológicas del SA, se identificaron las unidades correspondientes a cambisol, regosol y luvisol; siendo esta última unidad la que incide con los barrenos propuestos. La primera unidad correspondiente al cambisol se caracteriza por presentar suelos jóvenes, entre los horizontes se puede apreciar el cambio de color y el contenido de arcilla. El patrón climático en donde se desarrollan no está definido, sin embargo, en el subsuelo presentan una capa más parecida a la superficial que a la roca, además, contienen acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Tienen de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son adecuados para fines agrícolas y se utilizan intensivamente.

Respecto a la unidad de suelo regosol, son suelos pedregosos, de color claro en general, y se parecen a la roca del material parental. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados con frecuencia a leptosoles.

En lo que concierne a los luvisoles, presentan un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de los procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcillas). En México se presentan como suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Estos son generalmente fértiles para la agricultura y son el quinto grupo de suelos con mayor extensión sobre el país.

De acuerdo con lo anterior, los componentes edáficos no tendrán impactos significativos debido a que el acceso a las zonas de interés será por veredas existentes, en caso de que se requiera nivelación, en pendientes superiores a 15 ° será necesario para instalar maquinaria, sin embargo, las medidas de prevención y mitigación para este supuesto, se consideran en la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

Los componentes litológicos en el SA, se conforman por afloramientos de basaltos, riolitas, calizas-lutitas, esquistos-filitas. La unidad más antigua corresponde al esquisto Tejupilco con edad del Triásico Superior al Jurásico Inferior. Las rocas que la componen son una secuencia vulcanosedimentaria que presenta un metamorfismo de bajo grado de la facie de esquistos verdes, que afloran en la mayor parte del área de interés. La unidad de caliza-lutita con edad del Cretácico Inferior se caracteriza por presentar una alternancia de caliza arcillosa con estratificación laminar a delgada-ocasionalmente gruesa en estratos que no sobrepasan los 20 cm, además se identifica interestratificación con arenisca calcárea y lutitas en capas delgadas que muestran deformación intensa donde se visualizan zonas con plegamientos.

También aflora la riolita Tilzapotla con edad del Oligoceno, conformada por afloramientos de riolita y toba riolítica. Presenta textura afanítica y estructura compacta, y contiene cuarzo, óxidos, vidrio y micas (biotita). La toba muestra una tonalidad blanca-crema, textura fanerítica y estructura compacta; en ella se observan cuarzo, fragmentos de roca, vidrio, óxidos de hierro y micas. Por último, se presenta la unidad conformada por basalto con edad del Pleistoceno, su textura es afanítica con estructura compacta y sectores con fuerte oxidación con espesores de 40 m.

De acuerdo al análisis de las cuencas correspondientes a la red hidrográfica, en el área de estudio de La Unión se encuentra un conjunto de corrientes de agua, tanto intermitentes como perennes, que por medio de las características del relieve y geomorfológicas presentan un patrón de drenaje tipo dendrítico. La dirección del flujo se encuentra dominada por las condiciones de la pendiente que caracteriza a la geoforma del valle fluvial, por lo que las corrientes se unen a las cuatro corrientes principales que se encuentran en el norte y el sur del SA. Dentro del SA se localizan cuatro corrientes de agua principales: el arroyo La Hacienda de Guadalupe, el arroyo El Oro, el arroyo Barranca Amarilla y el arroyo La Unión. Cabe señalar que, dentro y en los alrededores del SA no se identifican cuerpos de agua.

Respecto a la hidrología subterránea el SA incide en el acuífero 1208, Altamirano-Cutzamala, es un acuífero de tipo libre constituido por dos unidades hidrogeológicas. La unidad superior se compone por un medio granular, poroso conformado por depósitos aluviales, fluviales, materiales, consolidados y no consolidados, con permeabilidad media-baja y se ubican en los cauces de los ríos y arroyos, así como en los pequeños valles intermontanos. En lo que respecta a la unidad inferior se constituye dentro de un medio fracturado compuesto por rocas volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias, con permeabilidad secundaria por procesos de fracturamiento y alteración.

Con base en lo anterior, es importante mencionar que ninguna de las corrientes descritas se localiza en las planillas de barrenación programadas, existe un aguaje identificado en los recorridos de campo, utilizado con fines ganaderos. Cabe señalar que, en el área de estudio no se presentan asentamientos humanos, no obstante, existe interacción de actividades antropogénicas con el SA debido a prácticas ganaderas y de agricultura que se llevan a cabo dentro, así como en áreas aledañas de la zona de interés. Se debe considerar que, por la naturaleza del proyecto, no será necesario solicitar permisos para el uso de aguas subterráneas, ya que las planillas de barrenación se ubicarán fuera de los arroyos o corrientes para evitar el depósito de sedimentos.

Con base en lo descrito previamente, en el SA incide en la RTP-120. Sierras de Taxco-Huautla, la cual se destaca por presentar, es catalogada como un área en donde se constituye un reservorio de especies endémicas y agrupa una amplia representatividad de ecosistemas. El tipo de vegetación predominante es el de bosque de encino con diferente proporción de asociación con pino, aunque la diversidad de ecosistemas incluye también selva baja caducifolia, así como áreas perturbadas, en donde se presenta agricultura de temporal y pastizal inducido.

En lo que concierne a los instrumentos de política ambiental, planes de desarrollo a nivel federal, estatal y municipal de Sultepec, Estado de México, que funge como sede del proyecto se identificó dentro del Programa de Ordenamiento General del Territorio la incidencia de la UAB 67. Depresión del Balsas, que estipula estrategias ecológicas enfocadas a la sustentabilidad ambiental del territorio. Referente a las actividades rectoras del desarrollo son la minería y la preservación de flora y fauna las políticas ambientales están encaminadas al aprovechamiento de recursos de manera sustentable, protección y restauración de los recursos naturales, además, se contemplan acciones para dar cumplimiento a cada una de las estrategias previstas por la UAB.

En este marco, de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), en el SA se identificaron dos UGA, denominadas UGA.1212 y UGA.1253, las cuales presentan políticas de conservación y aprovechamiento sustentable-restauración. Los usos permitidos de la primera UGA contemplan: forestal maderable, forestal no maderable, ganadería extensiva, infraestructura, minería, turismo alternativo; mientras que la segunda: agricultura, forestal maderable, forestal no maderable, infraestructura, minería y turismo alternativo.

Aludiendo al ámbito estatal, el proyecto en comento se vincula con Plan de Desarrollo del Estado de México (PEDEM 2023-2029), instrumento del gobierno del Estado que traza los objetivos y directrices de las políticas públicas donde, de acuerdo con la naturaleza del proyecto, se alinea al Eje III. Empleo digno y desarrollo económico, vinculado con el objetivo 3.1 Impulsar el empleo digno y el desarrollo económico para mejorar el ingreso y el bienestar de la población; también con el objetivo 3.3 Consolidar a la entidad como un polo de desarrollo económico, competitivo y con atracción de inversiones, estrategia 3.3.3 Fortalecer las cadenas de valor en el Estado de México desde el sector primario al terciario, destacando la línea de acción 3.3.3.10 Fomentar el aprovechamiento sostenible de los recursos minerales del Estado. En este contexto, de acuerdo con el instrumento estatal mencionado, se pretende incentivar el aprovechamiento minero en la entidad, coadyuvando con empresas del sector, así como propiciar el desarrollo económico estatal y regional con la generación de empleos que permitan una derrama económica para el beneficio de las comunidades, promoviendo la minería y prácticas ambientales responsables.

En este marco, el proyecto también se vincula en el ámbito municipal al (PDMS 2025-2027), destacando el Eje 3. Empleo digno y desarrollo económico “inclusión para el bienestar y la prosperidad, de acuerdo con el objetivo 3.1 Fomentar la creación de empleos dignos y promover el desarrollo económico de Sultepec a partir de la estrategia 3.1.2 Promover la apertura y operación de MiPymes en el municipio para aumentar la productividad y creación de empleos.

Cabe señalar que, las actividades contempladas para el desarrollo del proyecto generarán empleos con mayor remuneración y derrama económica en localidades aledañas, fomentando la actividad social y ambientalmente responsable, en el municipio de Sultepec, Estado de México, desarrollando el acervo geológico minero de la región. En este contexto, las actividades contempladas para el desarrollo del proyecto se efectuarán con estricto apego a la normatividad municipal, así como a las estrategias y líneas de acción descritas previamente, con el objetivo de incentivar el desarrollo de la región, vigilando el cuidado del medio ambiente.

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

Para lograr una adecuada y correcta identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales propios del presente proyecto de exploración geológica mediante barrenación, se procedió a seguir los pasos establecidos en el diagrama de la Figura 34.

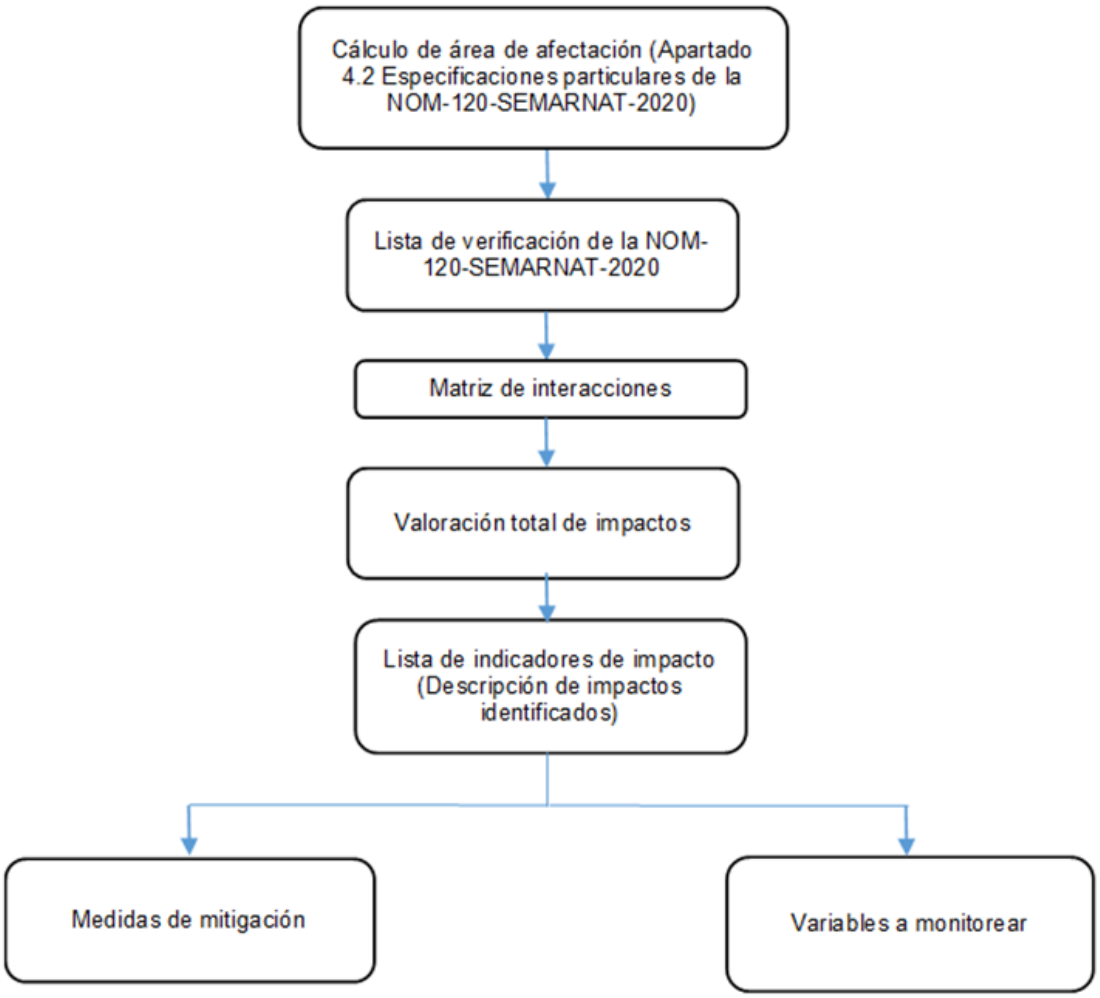


Figura 34. Diagrama de identificación, descripción y evaluación de impactos.

Con base en lo anterior, para establecer los límites máximos de afectación, se utilizó el apartado 4.2 Especificaciones particulares de la NOM-120-SEMARNAT-2020, que contempla las obras mineras proyectadas, las vías de acceso y la superficie máxima de afectación para el proyecto. Así mismo, se realizó el listado de las obras y acciones que contempla el proyecto y se verificó dar cumplimiento a las especificaciones de las misma NOM-120-SEMARNAT-2020.

V.I Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

V.I.1 Indicadores de impacto

- Cálculo de área de afectación (NOM-120-SEMARNAT-2020)
- Listas de verificación (NOM-120-SEMARNAT-2020)
- Matriz de valoración de impactos (Método RIAM)
- Matriz de interacciones (Método RIAM)

V.I.1.1 Cálculo de área de afectación NOM-120-SEMARNAT-2020

Como se ha mencionado previamente, para llevar a cabo la exploración dentro del área de estudio se programaron un total de 19 barrenos, cuyas coordenadas se muestran en el Tabla 1. Con base en las características del equipo a utilizar en la perforación, se consideró la realización de una planilla de barrenación por cada barreno.

En cumplimiento con lo establecido en la NOM-120-SEMARNAT-2020, que regula las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, se delimitó un polígono de proyecto con una superficie equivalente a 9 hectáreas, dentro del cual se realizarán actividades de barrenación a diamante. Se tiene previsto la ejecución de diecinueve (19) planillas de barrenación, cada una con dimensiones de 5 x 5 metros, que en conjunto representan un área de intervención de 475 m^2, equivalente al 0.53% de la superficie total del proyecto. Esta cifra se encuentra por debajo del umbral máximo permitido por la norma (7.68%), lo que garantiza que el diseño especial del proyecto cumple con los límites de afectación establecidos por la legislación ambiental vigente. Esta planificación permite no sólo un control estricto sobre el impacto físico directo, sino también un margen de maniobra adecuado en caso de requerir ajustes operativos dentro del mismo polígono autorizado.

$$\%\ de\ afectación = \left(\frac{Superficie\ planillas\ de\ barrenación}{Superficie\ del\ proyecto}\right) * 100$$

$$\%\ de\ afectación = \left(\frac{475\ m^2}{90{,}000\ m^2}\right) * 100 = 0.53\%$$

- Obras Auxiliares de Exploración Minera

- Vías de acceso

Las vías de acceso se refieren a medios o rutas que permiten llegar a un lugar específico o a un recurso de interés, para la realización de labores de exploración no se contempla la afectación a estas, dado que solo se consideran veredas y caminos de terracería preexistentes, las cuales se encuentran en perfecto estado de tránsito, ya que son utilizadas por los pobladores cercanos para

acceder a sus áreas de pastoreo. Como se mencionó con anterioridad se estarán utilizando 5.24 km de estas veredas y de las cuales 882.7 m (1 m de ancho) de estas requieren una rehabilitación, dando un total de 98.08 m^2/ha equivalente a 0.98% total de la superficie del proyecto. Cabe hacer mención que los caminos no están contemplados debido a que son usados diarios por los habitantes de las comunidades.

- Patios de maniobras

No aplica, no se ocupará patio de maniobras para las labores de exploración debido a que se contemplan planillas de 5 x 5 m para realizar las actividades de barrenación.

- Campamento

No aplica, el proyecto en comento no requiere de instalar campamentos y/o infraestructura para las labores de exploración dentro del área de estudio, por lo tanto, no se contempla una superficie de afectación. El personal de hospedará en la cabecera municipal de Sultepec, Estado de México.

- Patio de depósito

No aplica, debido a que el método de barrenación para la exploración minera no utiliza patio de depósito en sus actividades.

➢ Superficie Máxima de Afectación por Hectárea

Respecto a la superficie máxima de afectación, ésta comprende 1,357.7 m^2 que representa el 1.51% del área total del área de estudio, porcentaje que cumple con lo estipulado por la NOM-120-SEMARNAT-2020, debido a que se encuentra por debajo del límite máximo permisible de superficie de afectación por hectárea que corresponde al 25% descrita en el apartado 4.3 de la Norma en comento (Tabla 37).

Tabla 37. Superficies de afectación por obra exploratoria en vías de acceso a utilizar.

Obra	Superficie de afectación (m2)	Porcentaje de afectación (%)	Superficie afectada por Hectárea (m2/ha)	Límite máximo de afectación de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-2020 (m2/ha)
Planillas de barrenación	475	0.53	52.78	720
Vías de acceso	882.70	0.98	98.08	1,050
Patios de maniobras				300
Campamentos				500
Patios de depósito				----
Total	1,357.70	1.51	150.86	2,570

V.I.1.2 Listas de verificación

A continuación, se muestra la lista de verificación de acuerdo a las actividades programadas en el presente proyecto y en cumplimiento a las especificaciones de la NOM-120-semarnat-2020 (Tabla 38).

Tabla 38. Lista de verificación de la NOM-120-SEMARNAT-2020.

Especificaciones	Cumplimiento
4.1 Especificaciones generales	
4.1.1 Los tipos climáticos serán determinados con base en las cartas temáticas de clima del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, escala 1:1'000,000 (Sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García, E. 2004).	La información vectorial se recabó de Datos Vectoriales de las unidades climáticas escala 1:1'000,000 de la CONABIO (1998), elaborada a partir del Sistema de Clasificación Climática de Köppen, modificado por García (2004). Para la descripción de las unidades climáticas identificadas se procedió a la utilización del Diccionario de Datos Climáticos del INEGI (2021c), debido a que no existe guía para la interpretación de datos climáticos por parte de la CONABIO.
4.1.2 Los tipos de vegetación serán determinados de acuerdo con la clasificación de la vegetación de México de Rzedowski (2006) que estará a disposición de los interesados en el Centro de Información para la Gestión Ambiental de la SEMARNAT. También se podrá utilizar la clasificación de vegetación y uso de suelo del INEGI (Uso de Suelo y Vegetación Serie VI y sus actualizaciones, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).	La clasificación de la vegetación se basó en el documento Vegetación de México de Rzedowski (2006) y de la Guía de Interpretación de Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación de , complementándose con información de los recorridos en campo. La información vectorial corresponde a la Serie VII del Uso del Suelo y Vegetación del (INEGI, 2021b).
4.1.3 La persona responsable del proyecto deberá llevar a cabo un programa de supervisión en el cual se designe a quien fungirá como responsable técnico en el sitio del proyecto, para detectar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental y que pueda tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades nocivas.	Dentro de las labores de mitigación se incluyen medidas preventivas y de supervisión permanente durante el periodo de trabajo, con el propósito de evitar daños al ecosistema. La supervisión la realizará el responsable técnico de la exploración mediante el método de barrenación.
4.1.4 En caso de que se detecte la presencia de minerales radiactivos, se debe dar aviso por escrito a la Secretaría de Energía, conforme a lo establecido en los artículos 6 y 7 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear	Si bien en la zona no se contempla la presencia de minerales radioactivos, en caso de detectar algún mineral de este tipo se avisará a la autoridad correspondiente.
4.1.5 En caso de que existan letrinas o fosas sépticas en el sitio a explorar, debe existir una distancia de por lo menos 30 m entre éstas y los pozos, zanjas, socavones y barrenos de exploración, con el propósito de evitar la migración de contaminantes hacia los cuerpos de agua subterráneos.	Las instalaciones que utilizará el personal serán mediante sanitarios portátiles, mismos que estarán a cargo de la empresa subcontratada para llevar a cabo la barrenación, quien será responsable de la instalación y manejo con apego a la normatividad ambiental vigente.
4.1.6 Los pozos, zanjas, socavones y barrenos de exploración se deben realizar fuera de sitios susceptibles de inundación, con el propósito de evitar la migración de contaminantes hacia los cuerpos de agua subterráneos.	No se contempla la creación de pozos, zanjas o socavones. Los barrenos de exploración se harán fuera de planicies de inundación
4.1.7 Cuando el proyecto se ubique dentro del área de tránsito de los pobladores locales, se colocará una adecuada señalización preventiva, restrictiva, informativa y/o prohibitiva en la que se haga referencia a los trabajos que se realicen en la zona, con el objeto de evitar accidentes en el sitio del proyecto.	En el caso de que alguna de las planillas se encuentre cerca del tránsito de pobladores, se contará con la señalización informativa pertinente.

Especificaciones	Cumplimiento
4.1.8 No se realizarán actividades de quema de maleza, uso de herbicidas o productos químicos durante las actividades de desmonte o deshierbe del sitio del proyecto.	Para las actividades de acondicionamiento de planillas de barrenación, no se aplicarán productos químicos, ni se realizará la quema de maleza.
4.1.9 El material removido por las actividades deberá ser depositado en sitios seleccionados para tal fin por la persona responsable del proyecto, en donde se garantice que éste no será arrastrado por el drenaje pluvial o por el crecimiento de cuerpos de agua, que no obstruirá cauces naturales o similares y que no afectará innecesariamente a la vegetación. De ser posible deberá utilizarse un solo sitio de depósito.	El responsable técnico de la barrenación designará un área dentro de la planilla para depositar el material removido, garantizando lo estipulado en el presente numeral. Una vez que sean obtenidos los núcleos, de barrenación, estos serán empaquetados y trasladados a los laboratorios del Servicio Geológico Mexicano. Es importante mencionar que esto no aplica en aquellas planillas que se encuentran en terreno plano y, por consiguiente, no requieren la remoción de material vegetal y suelo.
4.1.10 Se trozarán y esparcirán en sitios previamente seleccionados, los residuos vegetales producto de la limpieza de los terrenos, a fin de facilitar su integración al suelo, en caso de no ser utilizados como esquejes o material para la reforestación. La selección de los sitios a que se refiere este numeral, deberá considerar preferentemente zonas que hayan sido perturbadas por las actividades realizadas.	En caso de existir residuos vegetales serán depositados en áreas para luego ser esparcidos en las planillas para que se reintegren al suelo. Sin embargo, se reitera que las planillas se encuentran desprovistas de vegetación como se observa en la descripción de las planillas antes descritas.
4.1.11 Las especies de flora y fauna clasificadas en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se localicen dentro del área del proyecto a explorar, deben ser protegidas, según el caso, mediante proyectos de conservación y recuperación o mediante el establecimiento de medidas especiales de manejo y conservación del hábitat, conforme lo establece la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y su Reglamento, apegándose a la normatividad de referencia.	Las labores de exploración seguirán a lo establecido en la Ley General de la Vida Silvestre (publicada en el DOF el 20 de mayo de) en sus artículos 1, 2, 3 y 4; lo no dispuesto en la presente se sujetará en las disposiciones de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (publicada en el DOF el 01 abril de 2024),
4.1.12 La capa superficial del suelo vegetal será recuperada junto con el material removido sin mezclarse, con el fin de utilizarla para las actividades de restauración de la zona. Para lo anterior, se deberá designar un área de almacenamiento temporal dentro de las de depósito, con el fin de evitar pérdidas por erosión.	Solo aplicará en aquellas planillas en las que se prevé una nivelación, en caso de requerir la remoción de suelo fértil producto del despalme, este será almacenado temporalmente a un costado de la planilla, para luego ser regresado a su lugar para su restauración.
4.1.13 Se realizará la revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria que sean utilizados. En caso de realizar actividades de mantenimiento y reparación en el sitio del proyecto, deberán adoptarse las medidas necesarias para evitar la contaminación del suelo por aceites, grasas, combustibles o similares.	El programa de mantenimiento de las diferentes unidades vehiculares que utilicen combustibles fósiles se realizará en un taller del municipio de Sultepec, Estado de México, además, cada vehículo contará con el programa de verificación aplicable. En el caso de la maquinaria se realizará el cambio de aceite *in situ* en completo apego a lo especificado en este numeral de la Norma.
4.1.14 Cuando se realice almacenamiento de combustibles, éste se debe llevar a cabo dentro del área del proyecto, en recipientes cerrados que estén en perfectas condiciones, para garantizar que no tenga fugas.	No se almacenarán combustibles dentro del área del proyecto, ya que para el funcionamiento del equipo de barrenación este será reabastecido diariamente, esto debido a la cercanía de la cabecera municipal de Sultepec, en caso que llegue a sobrar combustible este estará en

Especificaciones	Cumplimiento
	recipiente cerrados en un lugar de almacenamiento específico, considerando el transporte y manejo adecuado.
4.1.15 Se debe ejercer un control sobre los residuos sólidos urbanos generados, para su disposición final en los lugares establecidos por el municipio.	La basura de tipo doméstico será colocada en contendores apropiados. La basura será retirada y enviada al sitio de disposición final con el que cuenta el municipio de Sultepec, asignado para tal efecto.
4.1.16 Los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles, usados o no y sus envases, no deben dispersarse o derramarse en el área de trabajo o fuera de ella. Será necesaria la recolección rutinaria de los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles usados a que se refiere el párrafo anterior. La disposición de esos residuos se hará en recipientes cerrados y resguardados en lugares aislados y seguros, dentro de alguna de las superficies ocupadas por las obras que se llevarán a cabo y su manejo deberá sujetarse a las disposiciones aplicables. Los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles a que se refiere la presente especificación que aún no hayan sido usados, se almacenarán en un lugar aislado y seguro dentro de alguna de las superficies ocupadas por las obras.	En lo que respecta a los vehículos no se contempla realizar labores de mantenimiento en las áreas de trabajo, ni dentro del área de estudio; éstas se llevarán a cabo en un taller del municipio de Sultepec. En lo que respecta al equipo de barrenación, a este se le realizarán servicios de mantenimiento preventivo *in situ* los cuales consistirán en el cambio de aceite, es importante mencionar que esto se realizará teniendo la instrucción de no dispersar o derramar aceites en el área de trabajo o fuera de ella; por lo que será necesaria su recolección rutinaria. La disposición de los residuos se hará en recipientes cerrados y resguardados en lugares aislados y seguros, dentro de alguna de las superficies ocupadas por las obras que se llevarán a cabo, para su posterior envío al sitio de disposición final.
4.1.17 Para cubrir las necesidades fisiológicas de las personas en el sitio, únicamente se deben usar sanitarios portátiles o letrinas construidas y operadas higiénicamente. En caso de utilizar letrinas que requieran agua, se deberá construir una fosa séptica de capacidad adecuada. En todos los casos el diseño debe garantizar que se evite la contaminación del subsuelo por infiltración. Al término de las actividades de exploración, las letrinas deben ser cubiertas e inactivadas y los sanitarios retirados.	Las instalaciones sanitarias que utilizará el personal serán mediante sanitarios portátiles, mismos que estarán a cargo de la empresa subcontratada para llevar a cabo la barrenación, quien será responsable de la instalación y manejo con apego a la normatividad ambiental vigente. El número total de personal para la barrenación, generalmente se considera un equipo máximo de 12 personas, por lo que un sanitario portátil será suficiente.
4.1.18 Cuando se termine el proyecto de exploración minera directa y se prepare para el abandono el área en que se desarrollaron los trabajos, el responsable del proyecto deberá llevar a cabo el programa de restauración que contemple acciones tales como la estabilización de taludes, el relleno de pozos de exploración, el relleno de zanjas, la escarificación de suelos, la inhabilitación y cierre de los caminos nuevos, el sellado de los barrenos, la revegetación y restauración forestal. El programa deberá contener el calendario de actividades, incluyendo las correspondientes al mantenimiento.	En el capítulo VI. Medidas preventivas y mitigación de los impactos ambientales se describen las medidas preventivas y mitigación.

4.2 Especificaciones particulares

Especificaciones	Cumplimiento
4.2.1 Barrenos	
4.2.1.1 Al término de cada barreno deberá realizarse la cementación de una marca en la boca del mismo, quedando señalada su posición en el terreno.	Al finalizar las labores de perforación cada boca de barreno quedará tapada con tubo de PVC (con tapa) y sellada con una pequeña losa de cemento, evitando así la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local, además, esta pequeña estructura permitirá identificar la posición de cada uno de los barrenos en el terreno.
4.2.1.2 En la exploración por carbón deberá cementarse este horizonte al menos dos metros arriba y debajo de la cima y base, respectivamente.	No aplica, debido a que no se explorará en busca de carbón mineral.
4.2.1.3 Para evitar filtraciones de los fluidos de barrenación al suelo, los cárcamos deberán ser de material impermeable con arcillas naturales o, en su defecto, material plástico. El material plástico que se utilice deberá ser retirado al término de la actividad.	Se utilizarán cárcamos, recipientes para mantener los fluidos de manera temporal. Con lo que respecta a los lodos de perforación, no se prevé utilizar aceites y grasas que afecten al medio ambiente, sino tres sustancias de composición biodegradables, que posterior a la decantación estos lodos (concentración de material del estrato rocoso y agua con aditivos biodegradables), se esparcirán aledañamente a las planillas de barrenación para su integración al suelo.
4.2.1.4 Sólo se deben utilizar fluidos de barrenación con arcillas naturales, grasas lubricantes y aditivos que no tengan características de toxicidad.	Para la exploración por barrenación no se prevé utilizar aceites y grasas que afecten al medio, sólo se utilizaran como medida de apoyo, tres sustancias, una grasa lubricante para eliminar la vibración en la barra (*Linseed Soap*), una mezcla de polímeros a base de celulosa que se utiliza para estabilizar las paredes de la perforación (*Ezee-Trol*), y un polímero granular que incrementa la recuperación de muestras (*CR-650*). Los cuales no son tóxicos para el ambiente.
4.2.1.5 El agua utilizada en la barrenación será decantada y reciclada.	El agua utilizada en las actividades de barrenación será obtenida de la cabecera municipal de Sultepec. Al término de los trabajos de barrenación se dejará reposar el agua para posteriormente decantar las partículas sólidas suspendidas, el agua sobrante se reintegra al proceso de barrenación.
4.2.1.6 Los residuos de material, roca y sobrantes de muestras producidas por la barrenación, podrán disponerse dentro de alguna de las áreas de depósito de material removido o, en su caso, en depósitos de residuos mineros como presas de jales o tepetateras y, en el caso de barrenación de circulación inversa, podrán colocarse dentro de los barrenos realizados.	En el caso de la barrenación a diamante, se extraen, muestras tubulares de roca de un diámetro máximo de 10 cm, que serán enviadas a los laboratorios para su análisis.
4.2.2 Caminos de acceso	Se utilizarán veredas y caminos de terracería existentes, por lo que no aplicará la apertura de nuevos caminos, sin embargo, se considera la rehabilitación de veredas existentes (882.7 m), que será agregado a la superficie de afectación.
4.2.2.1 En el trazo de caminos de acceso deberá evitarse la afectación a los individuos de las especies de flora	Se contempla la utilización de caminos y veredas preestablecidas, por lo que no se considera afectaciones

Especificaciones	Cumplimiento
clasificadas en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	a individuos de las especies de flora clasificados en los listados de la norma.
4.2.2.2 En el caso de ampliación o rehabilitación de caminos existentes, no se deberá rebasar el límite de 5.0 m de ancho, a excepción de tramos cortos con curvas y pendientes mayores a 5.0% o con pendientes laterales peligrosas, donde se permitirá sólo por razones estrictamente de seguridad, ensanchar hasta 7.0 m el camino para el paso de vehículos que circulen en sentido opuesto. La superficie que será empleada de manera adicional a la ocupada por los caminos existentes, será considerada para el cálculo de la superficie por afectar por caminos de acceso.	No se contempla la creación o rehabilitación de caminos, ya que se utilizarán los existentes, sin embargo, se planea la rehabilitación de 882.7 m de veredas que los locatarios utilizan para acceder a áreas de pastoreo.
4.2.2.3 Se realizará la rehabilitación o la construcción de caminos de acceso al área del proyecto considerando los siguientes aspectos: a) Que se cuente con las obras de drenaje necesarias para conducir el agua de lluvia hacia un dren natural durante la vida útil del proyecto. b) El material obtenido durante la apertura, remodelación o ampliación de caminos, de acuerdo con sus características, deberá ser empleado en las mismas obras. c) En caso de existir material excedente deberá ser depositado en sitios previamente seleccionados, en donde se garantice que éste no será arrastrado por el drenaje pluvial o por crecimiento de cuerpos de agua, preferentemente deberán seleccionarse sitios desprovistos de vegetación o perturbados. d) Al depositar el material excedente, se deberá garantizar que no se obstruyan cauces naturales o similares.	No se contempla la construcción o rehabilitación de caminos. Únicamente se realizará la rehabilitación de 882.70 m de veredas existentes, la cual consiste en la limpieza de y eliminación de baches y obstáculos que impidan el paso, sin afectar los causes naturales de la zona.
4.2.3 Campamentos	No aplica, no se contempla la instalación de campamentos.
4.2.3.1 Los campamentos deberán ubicarse en áreas no aledañas a cuerpos de agua y que, de preferencia, no presenten densa vegetación, en el caso contrario, deberá incorporarse el campamento a los espacios disponibles entre la vegetación arbórea y arbustiva sin causarle afectaciones.	No aplica, no se contempla la instalación de campamentos.
4.2.4 Patios de maniobras	No aplica. No se ocuparán patios de maniobras para el proyecto.
4.2.5 Planillas de barrenación	La superficie de afectación obtenida por planillas de barrenación es del 0.53% del área, determinada según lo establecido en el apartado 4.2.5 de la NOM-120-SEMARNAT-2020, equivalente a 52.7m^2/ha.
4.2.5.1 Las planillas de barrenación serán abiertas sin interferir con los cauces naturales de la zona.	No se interferirá con los cauces naturales de la zona, dado que ninguna de las corrientes identificadas cruza las inmediaciones de las planillas de barrenación.
4.2.6 Pozos	No aplica. No se realizarán pozos en el sitio.
4.2.7 Socavón	No aplica. No se realizarán socavones en el sitio.

Especificaciones	Cumplimiento
4.2.8 Zanja	No aplica. No se realizarán zanjas en el sitio.
4.3 Límite máximo de afectación por hectárea	El porcentaje de afectación por hectárea es de 1.51%, el cual se encuentra dentro del 25% máximo permisible para conformidad de la norma.

Además, en cumplimiento a la especificación 4.1.18 de la NOM-120-SEMARNAT-2020, se hace la aclaración que el presente proyecto no contempla las acciones de relleno de zanjas, inhabilitación de caminos nuevos, además de que la revegetación y restauración forestal no aplica para la presente MIA puesto que no habrá remoción de individuos arbóreos y en ningún caso se considera desmonte. Las especificaciones y cumplimiento del apartado 4.1.18 de la norma en comento se presenta en la Tabla 39.

Tabla 39. Especificaciones del apartado 4.1.18 de la NOM-120-SEMARNAT-2020.

Especificaciones del apartado 4.1.18 de la NOM-120-SEMARNAT-2020	Información
Estabilización de taludes.	La estabilidad de taludes se llevará a cabo en las planillas BDU–01, BDU–04, BDU–05, BDU–06, BDU–07, BDU–09, BDU–10, BDU–12, BDU–13, BDP–01, BDP–03, BDA–01, BDA–02 y BDA-03, en las cuales se presenta una pendiente superior a 15%, en las que se realizará la excavación de talud mediante despalme.
Relleno de pozos de exploración.	Al término de la perforación de cada barreno el material que no sea utilizado para el análisis geológico minero será depositado dentro del mismo barreno y este será cementado y tapado.
Relleno de zanja.	**No aplica** para el presente proyecto pues no se contempla la elaboración de zanjas para la exploración minera.
Escarificación de suelo.	No se realiza las labores de escarificación. Solo se nivelarán las planillas BDU–01, BDU–04, BDU–05, BDU–06, BDU–07, BDU–09, BDU–10, BDU–12, BDU–13, BDP–01, BDP–03, BDA–01, BDA–02 y BDA-03.
Inhabilitación de caminos nuevos.	**No aplica** para el proyecto, ya que los caminos son existentes y se encuentran en buenas condiciones, que llegan a las localidades aledañas; respecto a las veredas solo se contempla la rehabilitación de 882.70 m que corresponde al 0.98% del porcentaje de afectación.
Revegetación y restauración forestal.	**No aplica** puesto que no habrá remoción de individuos arbóreos u en ningún caso se considera desmonte.

Fuente: Elaboración propia con datos de la NOM-120-SEMARNAT-2020.

V.I.1.3 Matriz de valoración de los impactos identificados

Para la valoración de los impactos se utilizó la metodología del RIAM, por sus siglas en ingles Rapid Impact Assessment Matrix (Pastakia, 1998), donde los impactos identificados se clasifican con base en los criterios de importancia de la condición, magnitud del cambio/efecto, permanencia, reversibilidad y acumulación; una vez que estos son definidos se les asigna una escala de acuerdo con la Tabla 40.

Tabla 40. Criterios a considerar para la valoración de los impactos identificados.

Criterio	Clave	Intervalos
Importancia respecto a la distribución espacial.	A1	4= nacional/internacional 3= regional/cuenca 2= estados/municipios 1= a nivel localidad 0= no importante
Magnitud Beneficio / perjuicio	A2	+3= mayor positivo +2= mejora significativa +1= menos 0= sin cambio -1= negativo -2= negativo significativo -3= cambio mayor
Permanencia	B1	1= sin cambio/ no aplica 2= temporal 3= permanente
Reversibilidad	B2	1= sin cambio/ no aplica 2= reversible 3= irreversible
Acumulación	B3	1= sin cambio/ no aplicable 2= no acumulativo/ directo 3= acumulativo/ sinérgico

Fuente: Elaboración propia con datos de Pastakia (1998).

Para el proceso de valoración, se incluyen las actividades contempladas para cada acción de interés con la finalidad de realizar el proyecto, en las que se contempla el acondicionamiento de las planillas de barrenación. El resultado de la valoración de los impactos generados por cada acción identificada, se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Valoración de impactos identificados.

Componente	Impacto identificado	Criterio				
		A1	A2	B1	B2	B3
Calidad del aire	Emisiones atmosféricas por la máquina perforadora y vehículos de apoyo.	1	-1	2	2	1
	Emisión de partículas suspendidas (polvos) derivado del tránsito de vehículos y acondicionamiento de planillas.	1	-1	2	2	1
Ruidos y vibraciones	Emisión de ruido por máquina perforadora.	1	-1	2	2	1
	Generación de vibraciones por actividades de perforación en los sitios de barrenación.	1	-1	2	2	1
	Aumento en los niveles sonoros.	1	-1	2	2	1
Geología y geomorfología	Perforación del sustrato rocoso.	1	-1	3	3	2
Suelo	Erosión del suelo.	1	-1	2	2	2
	Remoción de cubierta superficial del suelo.	1	-1	2	2	2

Vegetación terrestre	Pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva.	1	-1	2	2	2
Fauna	Perturbación temporal del hábitat de fauna silvestre.	1	-1	2	2	1
	Desplazamiento temporal de individuos de fauna local.	1	-1	2	2	1
Paisaje	Calidad del paisaje.	1	-1	2	2	1
	Visibilidad del paisaje.	1	-1	2	2	1
Demografía	Generación de empleos temporales.	1	1	2	1	1
	Rehabilitación de veredas existentes.	1	1	2	1	1
	Generación de residuos sólidos urbanos.	1	0	1	1	1

Esta tabla consiste que las planillas de barrenación son áreas acondicionadas con limpieza manual de vegetación, nivelación menor del terreno, posible remoción de suelo superficial. Se trató de mantener una lectura equilibrada, sin sobredimensionar los impactos negativos, ya que, por la naturaleza de las actividades, los efectos son predominantemente temporales, reversibles y localizados. Los valores de A1 se asignaron en función de la escala municipal-local del impacto. Los impactos positivos también se incluyeron para balancear el análisis conforme a la metodología RIAM.

V.I.1.4 Matriz de interacciones

La matriz de interacciones se realizó con apoyo del software RIAM (Pastakia, 1998), donde los valores que pueden adquirir la calificación de impactos son de tipo alfanumérico y describen cinco categorías positivas y cinco negativas, las cuales se clasifican en impactos menores, moderados, significativos y mayores (Tabla 42).

Tabla 42. Rangos alfabéticos y numéricos de la Matriz de Impacto Ambiental (RIAM).

Calificación	Rangos alfabéticos	Rangos numéricos	Descripción
72 –108	E	5	Impacto positivo mayor.
36 – 71	D	4	Impacto positivo significativo.
19 –35	C	3	Impacto positivo moderado.
10 – 18	B	2	Impacto positivo.
1 – 9	A	1	Impacto positivo menor o ligero.
0	N	0	Sin impacto.
-1 a –9	-A	-1	Impacto negativo menor o ligero.
-10 a –18	-B	-2	Impacto negativo.
-19 a –35	-C	-3	Impacto negativo moderado.
-36 a –71	-D	-4	Impacto negativo significativo.
-72 a –108	-E	-5	Impacto negativo mayor.

Fuente: elaboración propia con datos de Pastakia (1998).

Los resultados de la matriz de interacciones para el presente proyecto se presentan en la Tabla 43.

Tabla 43. Resultados del análisis de evaluación de impactos ambientales de acuerdo al RIAM.

Componente	Impacto identificado	Calificación	Rangos alfabéticos	Descripción
Calidad del aire	Emisiones atmosféricas por la máquina perforadora y vehículos automotores.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
	Emisión de partículas suspendidas (polvos) derivado del tránsito de vehículos y acondicionamiento de planillas.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero
Ruidos y vibraciones	Emisión de ruido por máquina perforadora.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
	Generación de vibraciones por actividades de perforación en los sitios de barrenación.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
	Aumento en los niveles sonoros.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
Geología y geomorfología	Perforación del sustrato rocoso.	-8	-A	Impacto negativo menor o ligero.
Suelo	Erosión del suelo.	-6	-A	Impacto negativo menor o ligero.
	Remoción de cubierta superficial del suelo.	-6	-A	Impacto negativo menor o ligero.
Vegetación terrestre	Pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva.	-6	-A	Impacto negativo menor o ligero.
Fauna	Perturbación temporal del hábitat de fauna silvestre.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
	Desplazamiento temporal de individuos de fauna local.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
Paisaje	Calidad del paisaje.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
	Visibilidad del paisaje.	-5	-A	Impacto negativo menor o ligero.
Demografía	Generación de empleos temporales.	4	A	Impacto positivo menor o ligero.
	Rehabilitación de veredas existentes.	4	N	Impacto positivo menor o ligero.
	Generación de residuos sólidos urbanos.	0	N	Sin impacto.

Fuente: Elaboración propia con datos de Pastakia (1998).

La matriz de interacciones permite identificar obras o acciones que tendrán algún impacto en el área donde se llevarán a cabo. Esta técnica permite identificar aquellas acciones del proyecto que provocarán algún impacto al momento de ser ejecutadas en áreas susceptibles, diferenciándose aquellas áreas donde por sus cualidades los impactos son nulos. De esta manera se obtuvo información particular puntual de diversas áreas del proyecto que permitirá el diseño de medidas de mitigación específicas para ese lugar en particular.

Con base en los resultados del RIAM contenidos en la Tabla 43, se tiene que, de los 16 impactos identificados, uno no muestra ningún impacto (N), dos muestran un impacto positivo menor o ligero (A), con calificaciones de cuatro; los 13 componentes restantes muestran un impacto negativo de categoría menor o ligero (-A) con calificaciones de -5, -6 y -8. Lo anterior demuestra que, los impactos generados en los diferentes componentes son menores, como es la emisión de ruido y/o aumento en los niveles sonoros, pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva, el desplazamiento temporal de individuos de fauna local, entre otros. Estos impactos negativos menores o ligeros son reversibles y temporales, por lo que, serán eliminados en cuanto terminan las labores de exploración mediante barrenación; de ser requerido, se realizarán medidas de mitigación. El único impacto negativo menor o ligero (-8, -A) identificado como irreversible y permanente corresponde a la perforación del sustrato rocos, para el cual se contará con la medida de mitigación pertinente, descrita más adelante.

V.I.2 Lista indicativa de indicadores de impacto

Los indicadores de impactos ambiental son medidas cuantitativas o cualitativas que evalúan los efectos de las actividades del proyecto sobre cada uno de los componentes ambiental que se presentan en el área de estudio. Para la identificación de los efectos en el SA, se desarrollaron las matrices y la lista de verificación enumerados en el subcapítulo V.1.1, en la Tabla 44 se presentan los indicadores de impacto para cada uno de los impactos y posteriormente se describen de acuerdo a cada uno de los componentes ambientales.

Tabla 44. Indicadores de impacto ambiental.

Componente ambiental	Impacto identificado	Indicador de impacto
Calidad del aire	Emisiones atmosféricas por la máquina perforadora y vehículos automotores.	Se consideran dos fuentes móviles dentro del SA, la maquinaria, que tendrá el mantenimiento preventivo previo a iniciar los trabajos; y los vehículos, los cuales estarán sujetos al programa de verificación vigente.
	Emisión de partículas suspendidas (polvos) derivadas del tránsito de vehículos y acondicionamiento de planillas.	Las fuentes móviles que generan emisión de partículas suspendidas son los vehículos, los cuales transitaran en los caminos existentes.
Ruido y vibraciones	Emisión de ruido por máquina perforadora.	Presencia de una fuente de ruido y vibraciones, la máquina perforadora; dentro de los 19 puntos a barrenar.
	Generación de vibraciones por actividades de perforación en los sitios de barrenación.	
	Aumento en los niveles sonoros.	
Geología y geomorfología	Perforación del sustrato rocoso.	Número de sitios a barrenar (19) y las dimensiones del diámetro de la perforación (10 cm).
Suelo	Erosión del suelo.	Número total de rehabilitación veredas de acceso y la superficie de las planillas de barrenación que lo requieran.
	Remoción de cubierta superficial del suelo.	Superficie perturbada por el acondicionamiento de las planillas de barrenación que lo requieran y las dimensiones del diámetro de la perforación (10 cm).

Componente ambiental	Impacto identificado	Indicador de impacto
Vegetación terrestre	Pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva.	Cantidad de especies de tipo herbácea afectadas por el acondicionamiento de la superficie de las planillas de barrenación (5 x 5 m) y de las actividades de rehabilitación de veredas.
Fauna	Perturbación temporal del hábitat de fauna silvestre.	Daños en la vegetación de tipo herbácea por el acondicionamiento de la planilla de barrenación.
	Desplazamiento temporal de individuos de fauna local.	Vibraciones derivadas de la operación de la maquinaria y la presencia temporal de personas producen el desplazamiento de la fauna que incide cerca de las planillas.
Paisaje	Calidad del paisaje.	Por el uso de veredas y trabajos en las planillas de barrenación, se espera modificar temporalmente la calidad del paisaje.
	Visibilidad del paisaje.	Presencia y uso de la máquina perforadora, los vehículos de transporte y la cantidad de personal de trabajo.
Demografía	Generación de empleos temporales.	Personal contratado para trabajos de mano de obra.
	Rehabilitación de veredas existentes.	Se rehabilitarán 882.70 m de veredas.
	Generación de residuos urbanos.	Generación y dispersión de residuos sólidos urbanos por parte del personal del proyecto, por lo que se tomarán las medidas correspondientes mediante el uso de contenedores.

V.I.2.1 Calidad del aire

Durante la utilización de la máquina perforadora se generarán gases de combustión, pero que acorde con las características de la misma, estos gases serán mínimos e intangibles y de fácil dispersión en la atmósfera, sin embargo, se tendrá cuidado de cumplir con los mantenimientos preventivos de los equipos a fin de no causar disturbio a la calidad del aire.

Con respecto a los vehículos empleados en el presente proyecto, únicamente circularán por el tramo de caminos existentes, por lo que se considera una afectación negativa en cuanto a emisiones de gases de combustión a la atmósfera, pero al igual que en lo mencionado en el párrafo anterior, estos serán mínimos, intangibles y de fácil dispersión en la atmósfera, debido al bajo número de vehículos a utilizar y que se encontrarán sujetos al programa de verificación vigente.

Otro de los aspectos a considerar de manera negativa durante las labores del proyecto es la emisión de partículas suspendidas (polvos), sin embargo, estos se reducirán al mínimo gracias al uso racional de los vehículos y al control de velocidad de los mismos. Es importante mencionar que sólo se utilizarán los caminos existentes para tal fin.

Por último, para las actividades de acondicionamiento de planillas de barrenación, no se considerará la utilización de ninguna herramienta o producto químico que expida algún gas contaminante o partículas suspendidas (polvos), puesto que esta actividad se realizará de manera manual en aquellas planillas que llegue a tener algunas herbáceas.

V.I.2.2 Ruidos y vibraciones

En este componente los impactos considerados son:

- Emisión de ruido por la barrenadora.
- Generación de vibraciones por actividades de perforación en los sitios de barrenación.
- Aumento en los niveles sonoros.

Sin embargo, estos impactos solo serán de manera temporal, por lo cual, al finalizar las actividades del presente proyecto, el entorno recuperará sus niveles sonoros normales y cesarán las vibraciones generadas por la máquina perforadora.

V.I.2.3 Geología y geomorfología

La barrenación es una técnica de exploración directa mediante la cual se perfora el macizo rocoso para extraer la muestra núcleo de la roca, sin embargo, cabe hacer mención que este método de exploración es una técnica que no causará impacto alguno al medio geológico, ya que, por sus características, la perforación se considera de dimensiones minúsculos en cuanto al diámetro de perforación (10 cm), además, al término de las actividades de barrenación cada boca de barreno quedará tapada con tubo de PVC (con tapa) y sellada con una pequeña losa de cemento, evitando así la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local, además, esta pequeña estructura permitirá identificar la posición de cada uno de los barrenos.

Es importante señalar que las actividades a realizar durante la barrenación (trabajos de barrenación), no causarán, de ninguna manera, erosión del sustrato rocoso, modificación de la geomorfología, inestabilidad del terreno o algún tipo de riesgo geológico en el área de estudio.

V.I.2.4 Suelo

El suelo no presentará modificaciones en lo relacionado a la rehabilitación de veredas, ya que se acondicionarán lo ya existente y en uso de las personas locales. De las planillas de barrenación se crearán impactos poco significativos, ya que se modificarán en menor orden las características del suelo al momento de hacer uso de los 5 x 5 m, implicando una exposición del mismo a la erosión hídrica y eólica sobre la superficie del área de estudio.

En lo que respecta a la nivelación de las planillas de barrenación que lo requerirán, la pendiente de los mismos será suavizada para obtener una superficie horizontal que permita la instalación de la máquina perforadora, el suelo removido por efecto del despalme, será almacenado temporalmente a un costado de la planilla y posteriormente será utilizado para la nivelación del mismo.

Las labores de nivelación de las planillas de barrenación pueden facilitar la erosión del suelo, sin embargo, hay que recordar que esta modificación será únicamente en la superficie necesaria para la instalación de la máquina barrenadora dentro de los límites de la planilla, y al final de los

trabajos de exploración estas serán remediadas mediante la estabilización de taludes que se describe específicamente en el apartado II.II.3 Construcción de obras mineras (planillas de barrenación).

V.I.2.5 Vegetación terrestre

Durante las actividades de acondicionamiento de planillas de barrenación se prevén daños a la vegetación de tipo arbustiva y herbácea, con lo que se provocarán sólo impactos adversos locales, sin embargo, estos impactos son temporales y reversibles, ya que la vegetación presente es de fácil regeneración, siempre y cuando la incidencia del ganado no persista. Con respecto a la rehabilitación de veredas, los impactos negativos serán menores ya que solo se realizaron actividades de limpieza de vegetación herbácea para facilitar el camino.

Por otro lado, en el caso de no lograrse la dinámica de renovación natural esperada en relación a las condiciones del terreno, se propone realizar la propagación vegetativa del nopal (*Opuntia* spp.) en las planillas de barrenación.

V.I.2.6 Fauna

El impacto a la fauna local será reversible, ya que se perturbará su hábitat de manera temporal durante las labores de barrenación, acondicionamiento de planillas de barrenación, así como por la presencia temporal del personal que interviene en las obras exploratorias, el ruido y las vibraciones derivado de la operación de la maquinaria. En este componente los impactos considerados son:

- Perturbación temporal del hábitat de fauna silvestre.
- Desplazamiento temporal de individuos de fauna local.

V.I.2.7 Paisaje

Por la perturbación de la vegetación debido al acondicionamiento de planillas de barrenación, además de la inclusión de elementos antropogénicos al entorno natural (máquina perforadora, equipo, herramienta y personal operativo), en cada sitio a explorar, se espera que la calidad del paisaje se vea temporal y ligeramente modificada. En este componente los impactos considerados son:

- Calidad del paisaje.
- Visibilidad del paisaje.

Sin embargo, con base en la ubicación del sitio, las características del relieve y la cobertura de vegetación que hay en la región, la calidad y visibilidad del paisaje se verá afectada en una mínima parte (a pesar que existe cierta perturbación por el pastoreo que se practica), además, hay que recordar que estos impactos son temporales y reversibles, es decir, al finalizar las actividades de exploración el área de estudio podrá regenerarse de manera eficaz.

V.I.2.8 Demografía

Durante el desarrollo de las actividades de exploración, la contratación de mano de obra tendrá un impacto benéfico significativo, ya que generará empleo para personas que habitan en zonas cercanas al sitio de estudio; además, se rehabilitaran 882.7 m de veredas, beneficiando a los locatarios para acceder a zonas de pastoreo. Por otro lado, la generación de residuos sólidos urbanos por parte del personal, provocará un impacto poco significativo, para esto último, se tomarán las medidas preventivas necesarias que eviten la dispersión de residuos urbanos mediante el uso de una bolsa para basura, y posteriormente será retirada y enviada al sitio de disposición final con el que cuenta el municipio de Sultepec, asignado para tal efecto.

V.I.3 Criterios y metodología de evaluación

V.I.3.1 Criterios

La evaluación de impacto ambiental con el RIAM (Pastakia, 1998), se basa en la definición de criterios de evaluación de impactos y componentes ambientales dentro del área del proyecto. Las actividades del proyecto se evalúan comparando los componentes ambientales con la realización del proyecto y sin proyecto, obteniéndose un valor de beneficio o no beneficio de la actividad sobre el componente. El método proporciona el perfil de cada impacto, permitiendo la comparación entre opciones del proyecto.

Los criterios utilizados corresponden a dos series:

A. Criterios de importancia, que individualmente pueden cambiar el valor obtenido.
B. Criterios de situación que no cambia el valor obtenido.

Los impactos benéficos o adversos se obtienen utilizando escalas con valores negativos, cero y positivos para los criterios A. El valor de cero es equivalente a un impacto “sin cambio” o “no importante”, permitiendo aislar por criterio la condición que no muestra cambio o no es importante para el análisis.

La evaluación final requiere de la multiplicación de los valores obtenidos para los criterios de la serie A, que aseguran que el peso de cada valor asignado sea expresado, mientras que los criterios del grupo B solamente se suman para asegurar que cada valor individual no puede influir la calificación final del proyecto, pero que la importancia colectiva de la serie B si es tomada en cuenta.

La suma de B se multiplica por los resultados del grupo A para obtener la calificación final, expresada como ES:

(1) (a1)x(a2)x(a3)x...(aN) = aT
(2) (b1)+(b2)+(b3)+...(bN) = bT
(3) (aT)x(bT) = ES

Donde:

(a1) … (aN) son los valores individuales para los criterios del grupo (A).
(b1) …(bN) son los valores individuales para los criterios del grupo (B).
aT es el resultado de la multiplicación de todos los valores (A).
bT es el resultado de la multiplicación de todos los valores (B).
ES, calificación final.

El valor cero no se utiliza para los criterios del grupo B, ya que, si todo el grupo suma cero el resultado final ES se convierte en cero, incluso para condiciones de A que sean importantes. Para evitar esta situación se asigna el valor 1 para los criterios de la serie B cuando no cambian o no resultan importantes.

Los beneficios o perjuicios se obtienen utilizando escalas con valores negativos, cero y positivos para los criterios A. El valor de cero convierte el impacto como "sin cambio" o "no importante", permitiendo aislar por criterio la condición que no muestra cambio o no es importante para el análisis.

Los criterios deben ser definidos para ambos grupos con base en condiciones fundamentales que pueden ser afectadas, más que las relacionadas a proyectos individuales.

Los criterios considerados en el sistema son:

GRUPO (A)

- IMPORTANCIA DE LA CONDICIÓN (A1)

Considera distribución espacial o intereses humanos que pueden ser afectados con escalas definidas como:

4 = Importante a los intereses nacionales/internacionales.
3 = Importante a los intereses nacionales/regionales.
2 = Importante a las áreas inmediatamente.
1 = Importante sólo a la condición local.
0 = Ninguna importancia.

- MAGNITUD DEL CAMBIO/EFECTO (A2)

Se define como la medida de beneficio/perjuicio del impacto o condición:

+3 = Mayor beneficio positivo.
+2 = Mejora significativa en el statu quo.
+1 = Mejora en el *statu quo.*
0 = Ningún cambio/*statu quo.*
-1 = Cambio negativo en el *statu quo.*
-2 = Cambio negativo significativo.
-3 = Mayor beneficio o cambio.

GRUPO (B)

- PERMANENCIA (B1)

Define la condición de permanencia en el tiempo para los impactos o la condición señalada, por ejemplo, en términos de presas, la creación de un embalse es permanente, mientras que una presa es una condición temporal que puede ser removida.

1 = Ningún cambio/no aplica.
2 = Temporal.
3 = Permanente.

- REVERSIBILIDAD (B2)

Se define como si la condición puede ser cambiada, señalándose como una medida de control sobre el impacto o condición. No debe confundirse con permanencia, ya que por ejemplo un derrame de tóxicos puede ser temporal pero sus efectos sobre la muerte de peces son irreversibles.

1 = Ningún cambio/no aplica.
2 = Reversible.
3 = Irreversible.

- ACUMULATIVO (B3)

Determina que un impacto pueda tener un efecto directo, se acumule a través del tiempo o bien resulte sinérgico con otras condiciones. Es un criterio para determinar la permanencia o efectos posteriores de una condición. Por ejemplo, la pérdida de un organismo adulto es un impacto permanente e irreversible pero no acumulativo, mientras que la pérdida de larvas o juveniles es permanente, irreversible y además acumulativo, ya que afectará a futuras generaciones.

1 = Ningún cambio/no aplica.
2 = No acumulativo/sencillo.
3 = Acumulativo/sinérgico.

Además, el sistema requiere que se definan los alcances de los componentes específicos de evaluación, en cuanto a sus características o condiciones a afectar y que, de ser necesario pueden reevaluarse en el futuro. Los componentes ambientales pueden agruparse en cuatro categorías (Tabla 45).

Tabla 45. Componentes ambientales agrupados en cuatro categorías.

Categoría	Clave	Descripción
Físico y químico	FQ	Aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo recursos no biológicos finitos y la degradación del ambiente por contaminación.
Biológico y ecológico	BE	Aspectos biológicos, recursos renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies y condiciones de contaminación o deterioro de recursos.
Sociológico y cultural	SC	Aspectos sociales que afectan el ambiente, incluyendo cuestiones culturales y desarrollo humanos.
Económico operacionales	OE	Aspectos económicos propios del proyecto y que tengan injerencia en el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos de Pastakia (1998).

El uso de estas cuatro categorías se compara con las actividades detalladas del proyecto desde las fases de pre a post implantación. Sin embargo, cada categoría debe filtrarse para identificar componentes ambientales específicos que mejor demuestren los posibles impactos. Esta subdivisión detallada requiere una consideración cuidadosa de la naturaleza de los impactos en proyectos individuales. El grado de sensibilidad y detalle el sistema puede controlarse por el proceso de selección y definición de estos componentes ambientales.

Para utilizar el sistema descrito se procede una matriz para cada opción del proyecto con celdas que muestran los criterios utilizados contra cada componente definido y se aplican los valores señalados para calcular el valor final. Este valor se compara contra rangos que se definen como condiciones indicadoras de cambio. Estas condiciones normalmente reflejan los cambios en los valores del grupo A combinados con los valores obtenidos para el grupo B.

Los valores que pueden tomar la calificación de impactos son alfa-numéricos y describen cinco categorías positivas o negativas, desde menor, pasando por moderado, significativo y mayor (Tabla 42). A continuación, se incluyen los resultados de la Evaluación de Impacto ambiental (EIA) del presente proyecto, empleando la metodología del RIAM (Tabla 46).

Tabla 46. Evaluación de impactos ambientales de las actividades de exploración geológica.

Físico y Químico componentes (FQ)								
	Componentes	**ES**	**RB**	**A1**	**A2**	**B1**	**B2**	**B3**
FQ1	Emisiones atmosféricas por la máquina perforadora y vehículos automotores.	-5	-A	1	-1	2	2	1
FQ2	Emisión de partículas suspendidas (polvos).	-5	-A	1	-1	2	2	1
FQ3	Emisión de ruido por máquina perforadora.	-5	-A	1	-1	2	2	1
FQ4	Generación de vibraciones por actividad de perforación en los sitios de barrenación.	-5	-A	1	-1	2	2	1
FQ5	Aumento en los niveles sonoros.	-5	-A	1	-1	2	2	1

FQ6	Perforación del sustrato rocoso.	-8	-A	1	-1	3	3	2
FQ7	Erosión del suelo.	-6	-A	1	-1	2	2	2
FQ8	Remoción de cubierta superficial del suelo.	6	-A	1	-1	2	2	2
Biológico y Ecológico componentes (BE)								
	Componentes	**ES**	**RB**	**A1**	**A2**	**B1**	**B2**	**B3**
BE1	Pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva.	-6	-A	1	-1	2	2	2
BE2	Perturbación temporal del hábitat de fauna silvestre.	-5	-A	1	-1	2	2	1
BE3	Desplazamiento temporal de individuos de fauna local.	-5	-A	1	1	2	2	1
Sociológico y Cultural componentes (ST)								
	Componentes	**ES**	**RB**	**A1**	**A2**	**A1**	**A2**	**A3**
SC1	Calidad del paisaje.	-5	-A	1	-1	2	2	1
SC2	Visibilidad del paisaje.	-5	-A	1	-1	2	2	1
Económico y Operacional componentes (OE)								
	Componentes	**ES**	**RB**	**A1**	**A2**	**B1**	**B2**	**B3**
OE1	Generación de empleos temporales.	4	A	1	1	2	1	1
OE2	Rehabilitación de veredas existentes.	4	N	1	1	2	1	1
OE3	Generación de residuos sólidos urbanos.	0	N	1	0	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con resultado del RIAM.

Asimismo, en la Figura 35, se incluye el histograma de resultado de la evaluación de impacto ambiental, donde se puede apreciar en resumen el impacto de cada uno de los componentes.

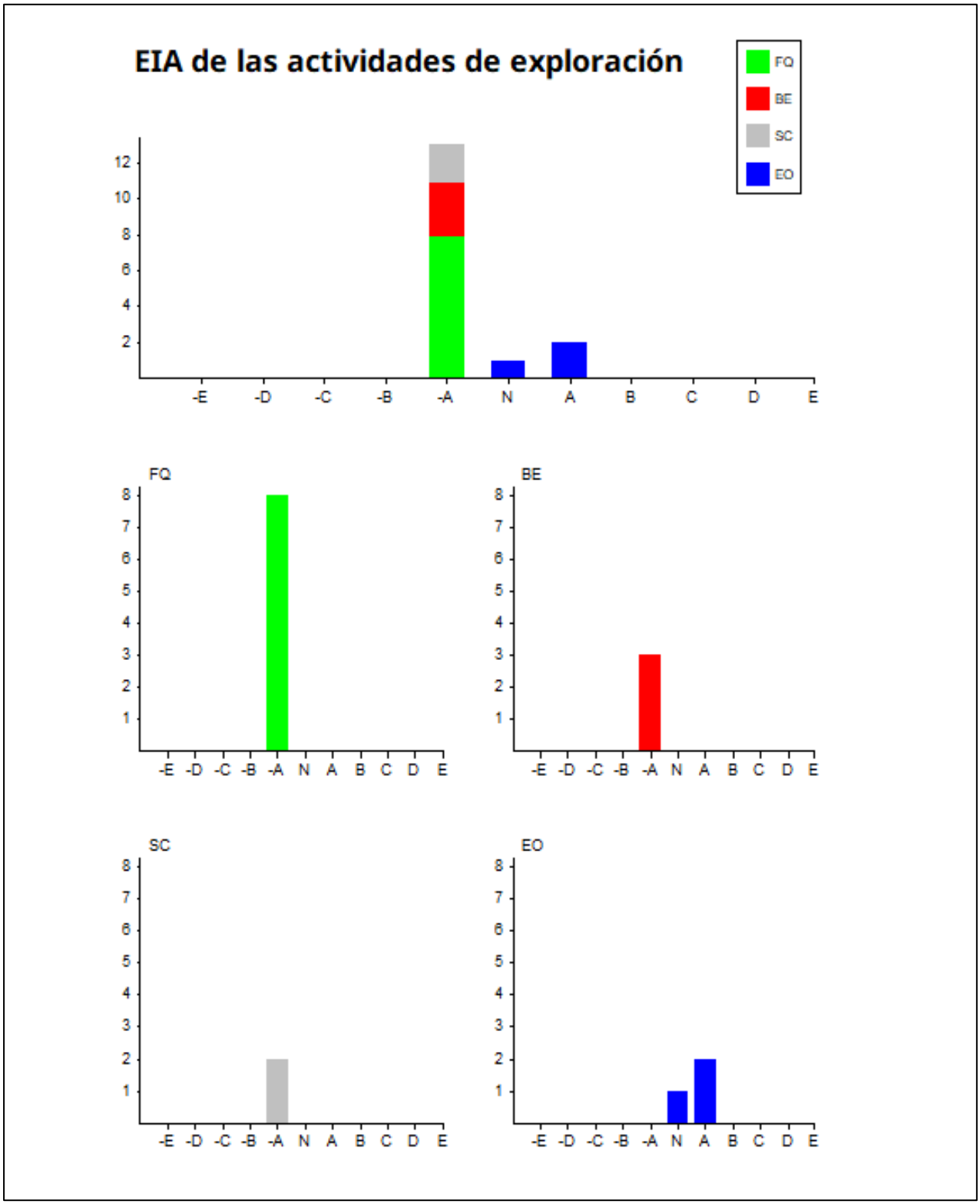


Figura 35. Histograma de los resultados de la evaluación de impacto ambiental de la exploración geológica.

FQ: Físico y químico, BE: Biológico y ecológico, SC: Sociocultural, EO: Económico y operacional.

Fuente: Resultados del RIAM.

V.I.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

En primera instancia, se delimitó el área de estudio, con base en las especificaciones de la NOM-120-SEMARNAT-2020, donde se describe la generación de una retícula preliminar que permita discriminar los polígonos donde no se lleven a cabo obras relacionadas con la exploración minera.

En la segunda etapa, se realizó una lista de verificación y monitoreo general de las actividades basadas en la NOM-120-SEMARNAT-2020 (Tabla 38), incluyendo espacios para señalar las observaciones contempladas para el presente proyecto, examinando desde las más generales hasta las más específicas contenidas en la Norma en comento.

En el tercer paso, se eligió el método RIAM por ser altamente flexible y útil en casos donde la información básica es escasa, además permite evaluar y reevaluar el proyecto toda vez que se define mayor el nivel de alcance en la información, en forma de componentes ambientales; por último, este método permite el registro de juicios subjetivos.

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental se aplicaron para definir, predecir y valorar las alteraciones de una acción, reconociendo qué variable y/o procesos físicos, químicos, biológicos, socioeconómicos, culturales y paisajísticos pueden ser afectados.

En la Tabla 40 se presenta la escala numérica de los criterios a considerar para la valoración de los impactos ambientales, dichos criterios son: la importancia respecto a la distribución espacial, magnitud, permanencia, reversibilidad y acumulación; cada uno de ellos se aplicó a los diferentes impactos identificados, los cuales se dividen en ocho componentes (calidad del aire, ruido y vibraciones, geología y geomorfología, suelo, vegetación terrestre, fauna, paisaje y demografía) como se observa en la Tabla 41.

La metodología del RIAM, agrupa a los impactos ambientales en cuatro componentes (físico y químico, biológico y ecológico, sociológico y cultural, y económico operacional) permiten la generación de una matriz en la cual se cuantifica cada uno de los criterios para la valoración de los impactos ambientales seleccionados (Tabla 46). Los resultados de la matriz se clasifican en un carácter alfabético y un numérico para determinar el tipo de impactos (positivo o negativo) y el grado del mismo (menor, moderado, significativo y mayor), como se observa en la Tabla 42 y Tabla 43.

VI. Medidas preventivas y mitigación de los impactos ambientales

VI.I Descripción de la medida o programa de medidas correctivas por componente ambiental

Uno de los objetivos inherentes en el presente proyecto de exploración minera, es el no causar alteraciones ambientales significativas que pongan en riesgo la correcta funcionalidad de los ecosistemas.

Para este proyecto, se entenderá como medida de mitigación a toda acción llevada a cabo para prevenir, reducir o revertir cualquier impacto de carácter negativo en el ambiente y los seres humanos que se dé como resultado de las obras de exploración.

Los participantes en las obras exploratorias observarán y atenderán las siguientes medidas, además de lo establecido en la legislación ambiental vigente, así como las condicionantes que emita la autoridad ambiental para el presente proyecto.

- Se prohíbe realizar quemas de maleza y utilizar herbicidas y/o productos químicos durante el acondicionamiento de planillas de barrenación.
- Supervisar que el material vegetal removido por las actividades de acondicionamiento de planillas, sea depositado en áreas de borde bien definidas para su incorporación al suelo.
- Se prohíbe cazar, capturar, dañar, molestar y comercializar con las especies de flora y fauna silvestre dentro y en las inmediaciones del área del proyecto.
- Supervisión del mantenimiento adecuado de la maquinaria utilizada en las actividades de proyecto con la finalidad de reducir la emisión de ruido, humos y gases a la atmósfera.
- Revisar permanentemente el cumplimiento de envío de los residuos sólidos urbanos generados por las actividades al sitio de disposición final con el que cuente el municipio de Sultepec, Estado de México.
- Identificación de un taller mecánico en la cabecera municipal de Sultepec, Estado de México para el mantenimiento de los vehículos, con lo cual, se evitará la contaminación con hidrocarburos al suelo.
- Supervisión estricta para que no se modifiquen los cauces naturales que puedan incidir en el área del proyecto.
- Al concluir los trabajos de exploración mediante barrenación, se limpien las áreas de trabajo y no quede ningún elemento ajeno al entorno paisajístico de la zona.
- Supervisión para que en las labores de perforación no se barrene el manto freático, de suceder, se notificará por escrito a la Comisión Nacional del Agua.

- Verificar periódicamente al estado de la señalización informativa en los caminos de uso común, a fin de mantener en conocimiento de los transeúntes sobre la realización de actividades de barrenación.
- Supervisión estricta para evitar derrames en el suelo de residuos líquidos como son aceites y grasas en las diferentes actividades del proyecto de exploración, para ello se tendrá un depósito temporal, en donde serán colectados y enviados posteriormente al sitio de disposición final.

Además, durante la ejecución de las diferentes actividades del proyecto se considerará estrictamente lo establecido en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (listado enunciativo, no limitativo):

- 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 04 de marzo de 2020.

Las principales medidas de prevención de acuerdo a las diferentes actividades del proyecto se presentan en la Tabla 47 así mismo se incluyen las medidas de mitigación, en el entendido de que se da más énfasis a la prevención de los impactos ambientales, pretendiendo en todo momento no producirlos. Sin embargo, en cuanto a los impactos ambientales identificados y que por sus características no baste con medidas preventivas, se señalan las medidas de mitigación.

Los impactos en los que se plantea mitigación, se derivan del acondicionamiento de planillas de barrenación y de los trabajos propios de la barrenación.

Tabla 47. Actividades de mitigación del proyecto de exploración.

Componente	Impacto	Tipo y forma de medida de mitigación	Actividad	Supervisión
Suelo	Erosión	**PREVENTIVA** Remover el mínimo necesario de vegetación en las actividades del proyecto.	Sólo se realizará en la etapa de acondicionamiento de las planillas de barrenación en una superficie de 5 X 5 m cada una, lo cual se llevará a cabo de manera manual; para con ello evitar propiciar un área mayor de impacto al suelo y evitar mayor erosión al mismo.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.
		MITIGACIÓN Estacamiento del talud como medida preventiva de deslave del suelo.	Se realizarán actividades de estacamiento de talud en aquellas planillas que tenga una pendiente no mayor a 15%.	Responsable y personal técnico del proyecto de perforación.
	Remoción de cubierta superficial del suelo.	**PREVENTIVA** Remover el mínimo necesario de suelo.	En caso de ser necesario la remoción de suelo, será almacenado temporalmente a un costado de la planilla y posteriormente	Responsable y personal técnico del

			será utilizado para la nivelación del mismo sitio.	proyecto de perforación.
	Contaminación por residuos sólidos urbanos.	**PREVENTIVA** Capacitación al personal técnico para la disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, a fin de evitar la contaminación de suelos y los ecosistemas.	Se llevará a cabo una capacitación al personal, en la que se les referirá cuales son los tipos de residuos más comunes generados en las labores del proyecto, la clasificación de los mismos y el manejo hasta su disposición final en el municipio de Sultepec, Estado de México. Es de observancia en todas las etapas del proyecto.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.
Geología	Perforación del sustrato rocoso.	**MITIGACIÓN** Los barrenos deberán ser tapados para evitar la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local.	La perforación se considera de dimensiones muy pequeñas en cuanto al diámetro de perforación (10cm), además, al término de las actividades de barrenación cada boca de barreno quedará tapada con tubo de PVC (con tapa) y sellada con una pequeña losa de cemento, evitando así la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local, además, esta pequeña estructura permitirá identificar la posición de cada uno de los barrenos.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.
Aire	Polvos	**PREVENTIVA** Uso de agua mezclada con aditivos biodegradables para disminuir la generación de polvo o partículas en suspensión.	Durante la perforación, el uso normal de agua mezclada con aditivos biodegradables además de procurar el enfriamiento, reforzamiento de las paredes y la estabilización de la barra perforadora, también disminuirá la generación de polvo o partículas en suspensión durante el proceso de barrenación. Es de observancia e indispensable durante el desarrollo del proyecto.	Personal técnico del proyecto.
	Ruidos	**PREVENTIVA** Se realizará el mantenimiento correspondiente de los equipos.	Debido a que los ruidos se generarán por el uso de la maquinaria, se deberá cumplir con los programas de mantenimiento preventivo de los equipos, a fin de cumplir con un buen funcionamiento. Para la supervisión de esta medida, se llevará una bitácora de mantenimiento. Es de observancia en todas las etapas del proyecto.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.
	Contaminación por humos de maquinaria y vehículos.	**PREVENTIVA** Mantenimiento a la máquina perforadora, para así reducir la emisión de contaminantes.	Se llevará una bitácora del mantenimiento de la maquinaria utilizada en las labores del proyecto, en la cual se registrará el cumplimiento con los programas de mantenimiento preventivo. De observancia en todas las etapas del proyecto.	Personal técnico del proyecto.

Fauna	Caza por trabajadores del proyecto.	**PREVENTIVA** Restricciones legales y educación ambiental a fin de evitar la pérdida de individuos de fauna.	Se llevará a cabo una capacitación al personal referente a la fauna silvestre. Se presentarán los grupos de fauna que pudieran presentarse en el área de estudio e inmediaciones de la misma, su identificación, ahuyentamiento, hábitos de alimentación, comportamiento, manejo en caso de avistamiento y, en caso de ser necesario, aviso ante la autoridad correspondiente. Así mismo, se informará sobre lo concerniente a la caza, captura, daño, molestia y comercialización de especies faunísticas. Se presentarán los puntos elementales sobre la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y NOM-059-SEMARNAT-2010 y consecuencias legales en caso de incumplimiento de las mismas. Con ello se pretende dar cumplimiento al apartado 4.1.9 de la NOM-120-SEMARNAT-2020.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.
Vegetación	Pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva.	**PREVENTIVA** Remover el mínimo necesario de vegetación durante las labores de acondicionamiento de planillas de barrenación.	Solo se realizará la remoción de herbáceas al momento de realizar el acondicionamiento de planillas de barrenación, en aquellas planillas que tenga esta fase vegetal, lo cual se realizará de manera manual con las dimensiones específicas para las planillas. El material removido será depositado en áreas de borde definidas. Para la remoción de herbáceas no se realizarán quemas ni se utilizarán herbicidas o algún producto químico. Se impartirá un taller de educación ambiental en donde se capacitará sobre la importancia de la conservación de la flora nativa.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.
Paisaje	Afectaciones a la visibilidad y calidad del paisaje.	**PREVENTIVA** Retirar maquinaria y elementos antropogénicos utilizados en las actividades de barrenación.	Como se ha venido mencionando el acondicionamiento será de acuerdo a las dimensiones de las planillas de barrenación. Además, concluidas las actividades de exploración se removerán todos aquellos elementos antropogénicos o de cualquier tipo, distintos al entorno natural. De observancia en todas las etapas del proyecto.	Responsable y personal técnico de las obras de exploración.

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la revegetación natural, ésta dependerá de manera general de los rebrotes y éstos a su vez dependen de los recursos almacenados en las raíces (Maza, 2012), y si consideramos que solo se realizará remoción de vegetación herbácea por medio del chapoleo, las partes vegetativas de las plantas (tallos y raíces), tendrán la capacidad de regenerarse de manera natural, en aquellos sitios donde no se realice remoción de la capa superficial del suelo por acción del despalme; si fuera el caso, de que no se regenerarán por medio de los rebrotes en las áreas intervenidas, entonces éstas serán colonizadas por especies pioneras (Gorchov et al., 1993), siendo este un proceso esperado, que forma parte de la dinámica de renovación natural de la vegetación natural que a su vez permiten el establecimiento de especies características de una siguiente etapa de sucesión (Mostacedo y Fredericksen, 2001).

Es importante mencionar, que el área de estudio se encuentra impactada por la actividad ganadera, por lo que la revegetación natural se llevará a cabo siempre y cuando esta actividad sea moderada. En el caso de no lograrse la dinámica de renovación natural esperada en relación a las condiciones del terreno, se propone realizar la propagación vegetativa de nopal (*Opuntia* spp.) en las planillas de barrenación.

Se utilizarán nopal (*Opuntia* spp.) por su fácil propagación por medio de raquetas (cladodios), debido a que estas desarrollan raíces al corto tiempo de ser establecidas, siempre y cuando se realice un estrés previo de 20 días (Vázquez et al., 2010), la obtención de las raquetas se realizará utilizando individuos que se encuentren en los alrededores del área, cabe hacer la aclaración que solo se obtendrán 3 raquetas de cada individuo con la finalidad de no afectar su desarrollo. Esta especie tiene efectos de restauración ya que conserva suelo y controla la erosión (Vázquez et al., 2010).

La densidad de plantación para zonas semicálidas y templadas de acuerdo a la Comisión Nacional Forestal CONAFOR, 2010), en caso de bosques de coníferas son entre 1,100 a 1,600 plantas por hectárea, con planta de vivero de acuerdo con las dimensiones de las planillas de barrenación (25 m^2), se consideraría establecer 2 individuos por planilla, sin embargo, con material vegetativo no aplica. En el Anexo X se describe la forma en que se realizaría la propagación en las planillas de barrenación.

VI.II Impactos residuales

El proceso de evaluación de impacto ambiental significa, en definitiva, que se mantiene una relación permanente con la acción humana a emprender, desde su fase de diseño hasta la etapa de abandono. Desde el momento en que se inicia la etapa de construcción y sobre todo durante la operación y el cierre de actividades, debe vigilarse permanentemente el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación ambiental. El objetivo es mantener una vinculación con la acción, para conocer su relación con el medio ambiente.

Se puede considerar que los impactos generados por la obra en su mayoría son temporales, reversibles y perfectamente mitigables, además, se definió que el área de influencia ambiental es de carácter local, limitado a los sitios contiguos, cercanos adyacentes a las planillas de barrenación.

El impacto residual de mayor grado es la perforación del sustrato rocoso para la extracción de núcleos de mineral a través de la barrenación, derivado a que el material extraído no se devuelve al lugar de cual se obtuvo. Ahora bien, por la naturaleza del proyecto se tendrán bajos impactos negativos, para cada uno de los casos se proponen las medidas de mitigación pertinentes.

VII. Pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas

VII.I Pronóstico del escenario

Con la finalidad de presentar la dinámica ambiental en torno al área de interés, se describe en este apartado el escenario tendencial que manifiesta el SA, ubicado en el municipio Sultepec, Estado México; sin tomar en cuenta la influencia del proyecto, de manera posterior, se integra un escenario complementario que considera la realización del proyecto tomando en cuenta las medidas preventivas sobre los impactos ambientales que se han identificado, así como la tendencia contemplada en los ecosistemas de la región.

➢ Escenario tendencial del SA

Las condiciones sociales y las características de desarrollo que presenta la región, tienen un rol de alta importancia, en este marco, la calidad del aire, se mantendrá por un periodo prolongado en condiciones similares a las que actualmente presenta, no existen localidades en el sistema ambiental, por lo tanto, las emisiones que se producen de fuentes fijas y/o móviles son bajas, por lo tanto, no tendrán ningún efecto en la población, el número de localidades cercanas corresponde a 5 localidades dentro del SA y 4 en la periferia de este. Aludiendo a lo previamente mencionado, visibles en el área de interés, la orientación es N-S, detectando cercanía de las localidades, Hacienda del Real de Abajo (Santa Lucía), La Albarrada, La Unión, Pantoja, San Lucas, San Martín, Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa), Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás) y Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras.

Con base en lo descrito previamente, las localidades de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras y Santa Cruz (Santa Cruz Texcalapa) presentaron el mayor número de población con respecto al último censo realizado (2020). Sin embargo, las localidades que presentaron un decremento considerable durante los censos del 2010 y 2020 fueron La Albarrada (19.8%), Pantoja (18.6%), Hacienda de Real de Abajo (Santa Lucía, 13.3%) y Santo Tomás de las Flores (Santo Tomás, 9.8%). En este marco, las actividades económicas de la población han aumentado notoriamente en dos localidades y, por ende, la demanda de insumos básicos y servicios requeridos por la

población. Debido a lo anterior, recurren a prácticas como caza, captura de fauna, ganadería y tala moderada de especies maderables que sirven para la elaboración de cercos, que se pudieron observar durante los recorridos de campo.

Todas las actividades antropogénicas descritas anteriormente se realizan en el SA, cabe señalar que de no instaurar y/o contemplar un esquema de sustentabilidad, la fauna y la vegetación presentará desequilibrios que propiciarán una tendencia de deterioro, ocasionando cambios como la disminución de fauna en la región, traslado a sitios más alejados, mejor conservados y en donde la depredación del ser humano sea menor.

Referente a la ganadería que se realiza en el SA, en caso de incrementar las cabezas de ganado y de no emplear un pastoreo rotacional, se debe considerar que la cobertura del estrato herbáceo presentará una reducción paulatina a medida que el ganado genere efectos derivados del consumo de los pastos y de la compactación sobre el suelo, motivo por el cual se dificultará el rebrote de la vegetación, propiciando efectos de intemperismo que conlleven a la erosión de los suelos, retirando nutrientes esenciales para su desarrollo.

La tendencia del incremento poblacional y el número de habitantes que presenta la región en donde se realizará el proyecto son aspectos a considerar, por lo cual, se pronostica que la ocurrencia de los efectos aquí mencionados, puedan acontecer en un periodo a mediano plazo, concluyendo que el SA cuenta con un grado importante de resiliencia.

Las características del relieve condicionan a la pendiente, este componente favorece la erosión del suelo, la pérdida de material edáfico es regulada por la cobertura vegetal que actualmente se presenta en el SA, razón por la cual en un escenario tendencial a largo plazo, en el caso donde la ganadería extensiva y la deforestación incrementen para cubrir las necesidades de una población en crecimiento constante, y de no implementar técnicas de manejo que permitan recuperar los estratos herbáceos y arbustivos, se acelerará el proceso de deterioro del componente edáfico. Aunado a lo anterior, el sustrato litológico no presenta evidencia alguna de perturbación a causa de actividades antropogénicas, motivo por el cual se estima su permanencia sin modificación aparente en un lapso de tiempo prolongado.

En lo que concierne a la hidrología superficial y subterránea que presenta el SA, en primera instancia se deben considerar los asentamientos humanos que existen en la región debido a la disponibilidad del recurso, sin embargo, los componentes hídricos no representan un factor de alteración en la composición físico-química, o modificaciones. Referente al agua subterránea, considerando las condiciones que presentan el acuífero Temascaltepec, la disponibilidad no se verá afectada y/o comprometida, ya que tiene estatus de acuífero subexplotado, no obstante, las localidades periféricas buscarán acceso al recurso hídrico, debido a lo anterior se sugiere tomar medidas regulatorias referentes al crecimiento poblacional. Con base en el análisis del Sistema Ambiental, clases de calidad del ecosistema, en conjunto con características demográficas; se determinó que la realización del proyecto es factible, siempre y cuando se implementen mediadas

de prevención y mitigación descritas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental con la finalidad de aminorar los posibles impactos que pudiesen generarse por la ejecución del proyecto.

➢ Escenario del SA con interacción del proyecto y medidas de mitigación

El SA del proyecto en comento se encuentra en el municipio de Sultepec, Estado de México. El presente apartado se realizó con base en el escenario tendencial que tiene el SA, tomando en cuenta los impactos del proyecto, así como las medidas preventivas contempladas en el proyecto de exploración. En este contexto, La generación de emisiones a la atmósfera provocadas por efectos de polvo, ruido y vibraciones, se consideran como impactos negativos para el componente aire, que generará la máquina de perforación al momento de realizar la barrenación de los sitios programados.

Las medidas de prevención consideradas, buscan minimizar el impacto generado durante la ejecución del proyecto, en este contexto, se incluyen mantenimientos periódicos al equipo empleado durante la realización del mismo, con la finalidad de mejorar el rendimiento y por ende disminuir el consumo de combustible, acción que contribuye a la reducción de emisiones a la atmósfera. En este marco, los vehículos automotores contemplados para el traslado de personal y materiales tendrán mantenimientos preventivos y cumplirán con el programa de verificación aplicable, cabe mencionar que el uso de los vehículos automotores será en los días de traslado a la llegada de la localidad Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras el municipio de Sultepec, además, se utilizarán caminos preexistentes para llegar a los sitios, en lo concerniente a la generación de polvo y emisiones contempladas en el proyecto, serán de bajo impacto y en lapsos temporales debido al tránsito que es muy reducido en los caminos, por lo anterior, se concluye que la calidad del aire en el SA observará condiciones similares a las condiciones preexistentes a la realización del proyecto.

Adicionalmente, las actividades en donde se contemplan acondicionamiento de las planillas de barrenación ocasionarán impactos adversos de carácter temporal sobre el componente de vegetación, principalmente en el estrato herbáceo, derivado de su remoción mediante chapoleo manual. Esta técnica se implementará con el propósito de minimizar la alteración de los horizontes subyacentes del suelo orgánico y favorecer, una vez concluidas las actividades del proyecto, la regeneración natural de la cubierta vegetal en las áreas intervenidas. Lo anterior permitirá reducir la permanencia de superficies de terreno desnudo y, con ello, disminuir la susceptibilidad a procesos de escorrentía superficial durante la temporada de lluvias. Por otra parte, en aquellos sitios de exploración donde la pendiente del terreno sea mayor a 15 °, será necesario realizar labores de despalme con el fin de generar condiciones de estabilidad y seguridad para la correcta instalación y operación del equipo de perforación. Una vez finalizadas las actividades, serán revegetados por especies de fácil regeneración nopal (*Opuntia* spp.), en los lugares en donde se requiera a fin de reducir los efectos de intemperismo ocasionados por la lluvia y el viento, en caso de no observar una revegetación natural.

En este contexto, de manera general la reducción de la cobertura vegetal, debido a las actividades de acondicionamiento del terreno propiciará un incremento reducido, focalizado y temporal en la tasa de pérdida de suelo. Sin embargo, considerando la capacidad de resiliencia del Sistema Ambiental, así como las medidas de mitigación, se estima que en el corto y mediano plazo las condiciones del sitio presentaran una tendencia a restituirse hasta alcanzar características semejantes a las existentes previas al desarrollo del proyecto. Es importante mencionar que el tiempo de regeneración de la vegetación podrá estar condicionado por factores externos propios de la dinámica local, entre los que destacan la actividad ganadera y la agricultura que, aunque no esté reportada se identificó en recorridos de campo; así como la cobertura vegetal presente en el SA, toda vez que dicha actividad productiva tiene presencia relevante en la zona.

En lo que respecta al recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo, se prevé que conserve sus características físicas y químicas preexistentes, debido a que el proyecto no contempla descargas de residuos o efluentes hacia cuerpos o corrientes de agua, ni la modificación de cauces naturales. Adicionalmente, durante las actividades de perforación se empleará agua mezclada con aditivos biodegradables, cuya función será contribuir al enfriamiento del equipo, reforzamiento de las paredes de perforación y a la estabilización de la barra perforadora. Además, el agua utilizada en el proceso previamente mencionado será decantada y recirculada en el proceso hasta alcanzar su máxima saturación hasta ser reemplazada, repitiendo el ciclo, de esta manera el uso de los recursos hídricos se hará de manera racional, por lo tanto, no representa ningún riesgo por contaminación del medio. En el proceso de decantación se formarán lodos cuyo contenido será de material del estrato rocoso, así como agua con aditivos biodegradables, los cuales se esparcirán aledañamente a las planillas de barrenación con la finalidad de facilitar la integración al suelo.

Referente al proceso de barrenación, el cual consiste en la realización de un barreno de 10 cm de diámetro en el estrato rocoso a una profundidad variable, se concluye que la alteración no representará un factor de inestabilidad o cambio relevante en la litología o geomorfología del SA, así mismo al final de cada exploración geológica, la boca de los barrenos será tapada con tubo de PVC (con tapa) y sellada con una pequeña losa de cemento para evitar su contaminación, así como el daño a la fauna; por lo anterior, las condiciones litológicas y geomorfológicas mantendrán características similares con las que cuentan actualmente.

Alusivo a la generación de residuos generados por el desarrollo de proyecto descrito, serán depositados en el municipio de Sultepec, Estado de México para su disposición final. El manejo de aceites y lubricantes empleados derivados del petróleo serán manipulados con todas las medidas necesarias, con la finalidad de evitar cualquier contaminación en el área, en caso de que la maquinaria de perforación requiera servicios de mantenimiento mayores, en el municipio de Sultepec, Estado de México, mientras que las reparaciones y servicios menores *in situ.*

En lo concerniente al rubro socio-económico, la realización del proyecto incentivará la derrama económica en la localidad de Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras municipio de Sultepec, Estado de México; ya que el proyecto contempla la contratación de mano de obra local con la finalidad de beneficiar económicamente a las poblaciones cercanas del proyecto. De esta manera

se incrementarán las actividades económicas de la región y, por ende, el poder adquisitivo y bienestar de los municipios anteriormente mencionados.

La percepción paisajística avistada que comprende el área de estudio es limitada en la zona, sin embargo, la realización perturbará en menor grado la calidad del paisaje, debido a que en el área existen asentamientos humanos cercanos, debido a que en las áreas existe cobertura vegetal y el factor de la pendiente. De acuerdo a lo descrito previamente, la baja fragilidad visual que presenta la región dificulta cambios significativos en el SA por el desarrollo del proyecto, además de las medidas preventivas estipuladas que consisten en la reducción del impacto a la vegetación, colaboran a que cuando se concluya el proyecto, la calidad paisajística retome las condiciones preexistentes.

VII.II Programa de Vigilancia Ambiental

VII.II.1 Objetivo del programa

Identificar aspectos críticos desde la perspectiva ambiental, mediante la supervisión por parte del encargado de la barrenación, el cual, deberá definir estrategias, tomar decesiones o modificar actividades que pudieran presentar algún efecto al SA y que se encuentren vinculadas al proyecto.

VII.II.2 Estrategias de supervisión en el sitio del proyecto

El Gerente de Hidrogeología y Geología Ambiental del Servicio Geológico Mexicano concertará una reunión de trabajo con el responsable técnico de la barrenación para explicar a detalle las condicionantes ambientales a las que quedará sujeto el proyecto, estableciendo en conjunto metas y acuerdos sobre la manera en que ejecutará sus actividades, de tal forma, que tanto él como su equipo de trabajo se apeguen en sentido estricto a todas las especificaciones de la MIA.

El responsable técnico de la barrenación deberá supervisar cada una de las medidas de supervisión enlistadas a continuación durante el desarrollo del proyecto.

➢ Medidas de supervisión

a) Evitar la quema de maleza derivado al acondicionamiento de planillas de barrenación.
b) Prohibir el uso de herbicidas y productos químicos durante el acondicionamiento de planillas de barrenación.
c) Supervisar que el material vegetal (herbáceo), removido por las actividades de preparación de planillas, sea depositado en áreas de borde bien definidas para su incorporación al suelo.
d) Prohibir la caza, captura, daño, molestia y comercialización de especies de flora y fauna silvestre dentro y en las inmediaciones del área del proyecto.
e) Supervisar el mantenimiento de la máquina perforadora con la finalidad de reducir la emisión de ruido, humos y gases a la atmósfera.

f) Revisar permanentemente el cumplimiento de envío de los residuos sólidos urbanos generados por las actividades a sitios de disposición final con el que el municipio de Sultepec, Estado de México.
g) Identificar un taller mecánico en el municipio de Sultepec, Estado de México para el mantenimiento y reparación del equipo, con lo cual, entre otros, se evitará la contaminación con hidrocarburos al suelo (aun cuando los vehículos no accedan hasta el área de estudio).
h) Supervisar que en las labores de perforación no se barrene el manto freático, de suceder, se notificará a la Comisión Nacional del Agua.
i) Revisar que los mantenimientos del equipo de barrenación se realicen evitando derrames de aceites y grasas al suelo, conforme a la Norma, con lo cual se evitará la contaminación.
j) Verificar periódicamente el estado de la señalización informativa en los caminos de uso común, a fin de mantener en conocimiento de los transeúntes sobre la realización de actividades de barrenación.
k) Revisar que al final de los trabajos de exploración mediante barrenación, se limpien las áreas de trabajo y no quede ningún elemento ajeno al entorno paisajístico de la zona.

VII.II.3 Seguimiento y monitoreo

Teniendo en cuenta que las medidas de prevención, mitigación y compensación son la base del programa de vigilancia ambiental, recomendado en la Guía de SEMARNAT (2002), su materialización sólo estará completa cuando, en su caso, se cuente con las condicionantes que establezca la autoridad. En la Tabla 48 se muestra el Programa de Vigilancia Ambiental de las actividades de mitigación del proyecto, enumeradas en la tabla anterior

Tabla 48. Programa de vigilancia ambiental.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
Suelo	Suelo sin cobertura vegetal. Conservación del suelo removido. Erosión. Estabilización de planillas. Contaminación.	En las áreas donde únicamente se realizarán actividades de chapoleo, se evitará dejar áreas de terreno expuesto que faciliten la formación de escorrentías en épocas de lluvias. El retiro de la cubierta vegetal se realizará exclusivamente en las áreas proyectadas; se evitará afectar las	Elaboración de reportes de monitoreo sobre el acondicionamiento de planillas de barrenación, en cuanto al estado del suelo y su cubierta vegetal, así como la supervisión para evitar la perturbación innecesaria de las áreas que se localicen fuera de los sitios operativos y, en dado caso, de la estabilización de superficies donde se realicen labores de estabilización de taludes por medio de despalme. - Registro fotográfico.	Se realizará mes con mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
		superficies que no sean necesarias. Remover el mínimo necesario de suelo durante el despalme. Revisar permanentemente el cumplimiento de envío de los residuos sólidos urbanos generados por las actividades a sitios de disposición final en el municipio de Sultepec, Estado de México. Revisión de las bitácoras de mantenimiento del equipo y vehículos.	Taller de educación ambiental respecto a la importancia del manejo de residuos y las consideraciones que debe de tomar en cuenta el personal para no contaminar la zona de trabajo. - Registro de asistencia. - Registro fotográfico. Elaboración de bitácoras del manejo de los desechos de residuos sólidos generados y del mantenimiento y/o reparación de la maquinaria. Generación de una base de datos de la información obtenida de reportes asimismo de fotografías documentadas en el sitio.	
Geología	Barrenos.	Los barrenos deberán ser tapados para evitar la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local.	Se realizará un registro fotográfico que muestre evidencia de que al término de las actividades de barrenación cada boca de barreno quedará tapada con tubo de PVC (con tapa) y sellada con una pequeña losa de cemento, evitando así la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local.	Se realizará de acuerdo con los avances del programa de barrenación.
Aire	Polvos. Ruido. Contaminación.	Mantenimiento maquinaria utilizada para así reducir la emisión de contaminantes. Uso de agua mezclada con aditivos biodegradables para disminuir la generación de polvo o partículas en suspensión.	Se realizarán bitácoras de mantenimiento de la maquinaria utilizada en las labores del proyecto, en las cuales se registrará el cumplimiento con los programas de mantenimiento preventivo de los equipos. Durante la perforación, se usará agua mezclada con aditivos biodegradables para, además de procurar el enfriamiento, reforzamiento de las paredes y la estabilización de la barra perforadora, disminuir la generación de polvo o partículas en suspensión durante el proceso de barrenación. Esta acción es	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
			indispensable durante las labores de la perforación.	
Fauna	Protección de fauna silvestre. Avistamiento de fauna mediante métodos indirectos.	Prohibir la caza, captura, daño, molestia y comercialización de especies de fauna silvestre dentro y en las inmediaciones del área del proyecto. En caso de localizar especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se dará aviso a las autoridades correspondientes.	Taller de educación ambiental respecto de la importancia de la conservación de la fauna silvestre y las consideraciones que debe de tomar en cuenta el personal. - Registro de asistencia. - Registro fotográfico. Elaboración de reportes de monitoreo en base a los registros de los individuos de fauna avistados. Generación de una base de datos de la información resultante de los registros y reportes generados al igual que anexos fotográficos.	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.
Vegetación	Cobertura vegetal	Supervisar que el material vegetal (herbáceo), removido por las actividades de preparación de planillas, sea depositado en áreas de borde bien definidas para su incorporación al suelo. Se prohíbe realizar quemas de maleza, utilizar herbicidas y productos químicos.	Informes de monitoreo y seguimiento de preparación de planillas, en los cuales se deberá considerar lo siguiente: - Medición del área de planillas de barrenación, con el fin de que cumplan las especificaciones mencionadas en la MIA. - Revisión de la forma de acondicionar las planillas de barrenación de manera tal, que sea de forma manual por medio de chapoleo y no por medio de métodos indirectos. - Revisión de las zonas donde se deposite el material vegetal removido. - Registro fotográfico. Taller de educación ambiental respecto de la importancia de la conservación de la flora, del cual se deberá tener: - Registro de asistencia. - Registro fotográfico.	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
			Generación de una base de datos digital de los documentos generados (Informes y registros).	

Lo anterior se pretende lograr mediante el recorrido del área a barrenar, por parte del personal capacitado, así como, la elaboración de los informes de seguimiento que deberán ser presentados a los encargados de obra. En caso de que las medidas de mitigación o control resulten insuficientes o inadecuadas, se seguirá el esquema de trabajo de la Figura 36, con el fin de proponer nuevas medidas.

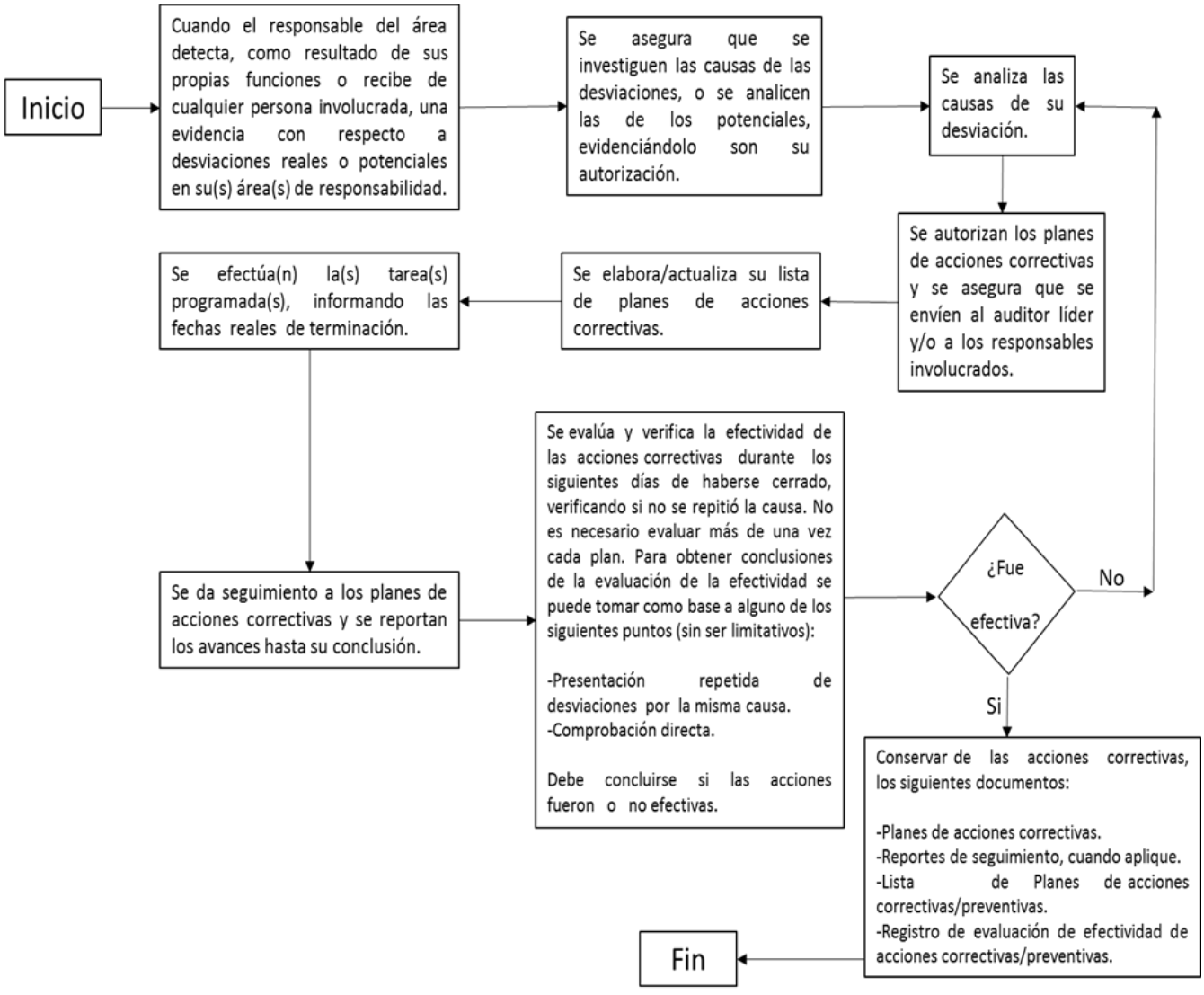


Figura 36. Esquema de la detección, análisis de causas e implementación de acciones.

VII.III Conclusiones

Como resultado de las actividades previstas en el presente proyecto, se concluye que el impacto sobre los componentes ambientales —suelo, geología, aire, fauna, vegetación y paisaje— será de grado menor, no permanente y reversible. No obstante, el componente geológico sufrirá una mayor incidencia debido a la extracción de material rocoso para análisis composicional; esta acción puede generar efectos permanentes a nivel puntual, pero no implica un riesgo para la estabilidad del terreno ni para el manto acuífero, ya que el volumen extraído es reducido (diámetro de perforación de 10 cm). Además, la boca del barreno se tapará con un tubo de PVC con tapa y se sellará con una pequeña losa de cemento para evitar filtraciones de sustancias peligrosas hacia los cuerpos de agua subterráneos.

En cuanto a los beneficios derivados del desarrollo de este proyecto de exploración, la población de las localidades aledañas se verá favorecida, pues se requerirá la contratación de ayudantes y la adquisición de servicios y productos; de modo que, a una escala menor y de forma temporal, se generará una derrama económica proveniente del presente proyecto, beneficiando no solo al SGM sino también a la población en general.

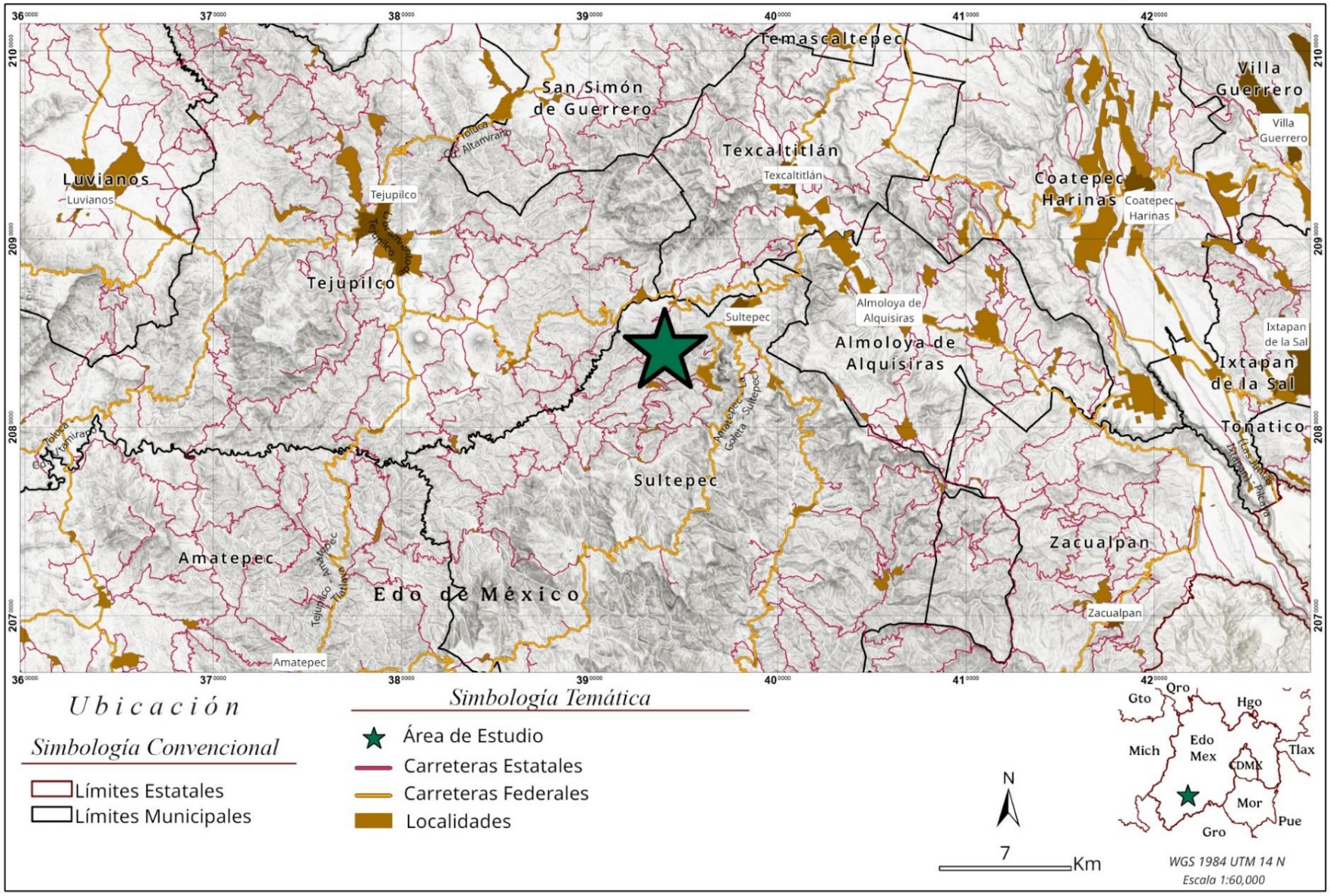
La vegetación será otro componente afectado por las actividades a realizar; se considera que la perturbación generada no tendrá consecuencias irreversibles, ya que, dado el área permitida para la perforación (5 x 5 m) y su localización en zonas sin especies en peligro o endémicas, se estima que la vegetación afectada podrá regenerarse apropiadamente en el corto y mediano plazo.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede afirmar que, si bien existirá perturbación y modificación del sitio de trabajo, estas serán mínimas y de bajo grado de impacto; el sistema ambiental podrá recuperarse de forma natural y a un ritmo adecuado, dejando los sitios muy cercanos a su estado original.

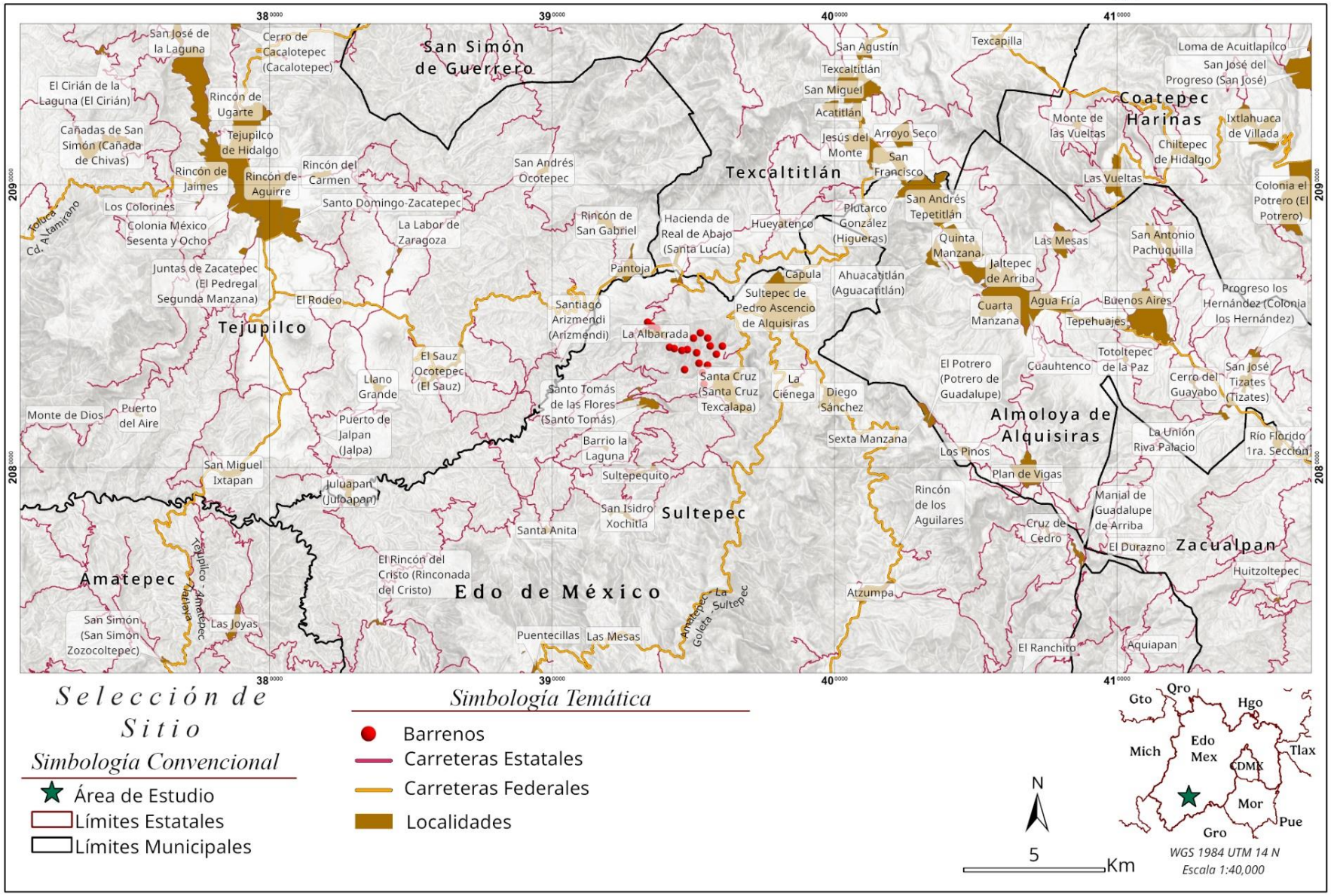
VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores

VIII.I Planos definitivos

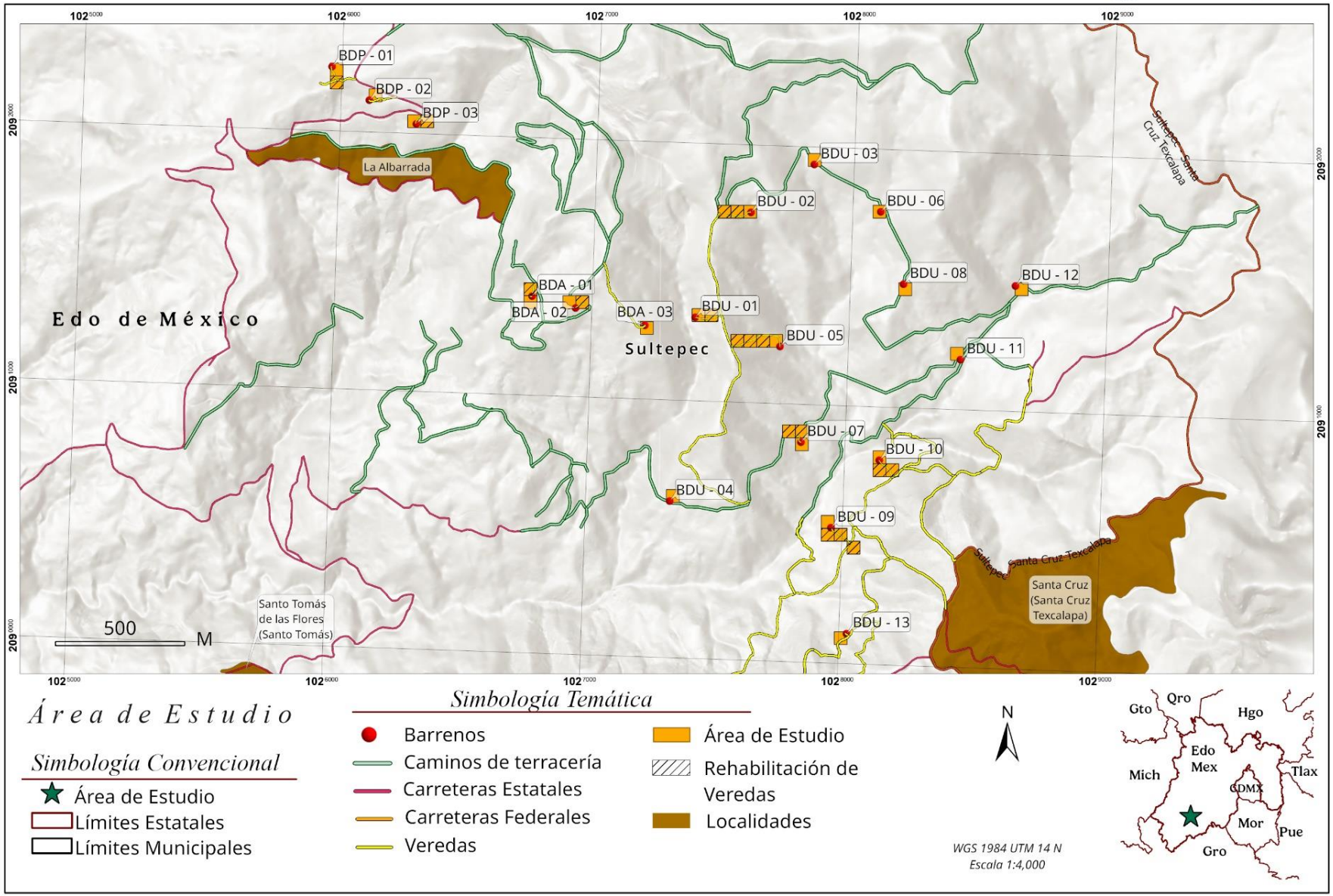
Manifestación de Impacto Ambiental La Unión



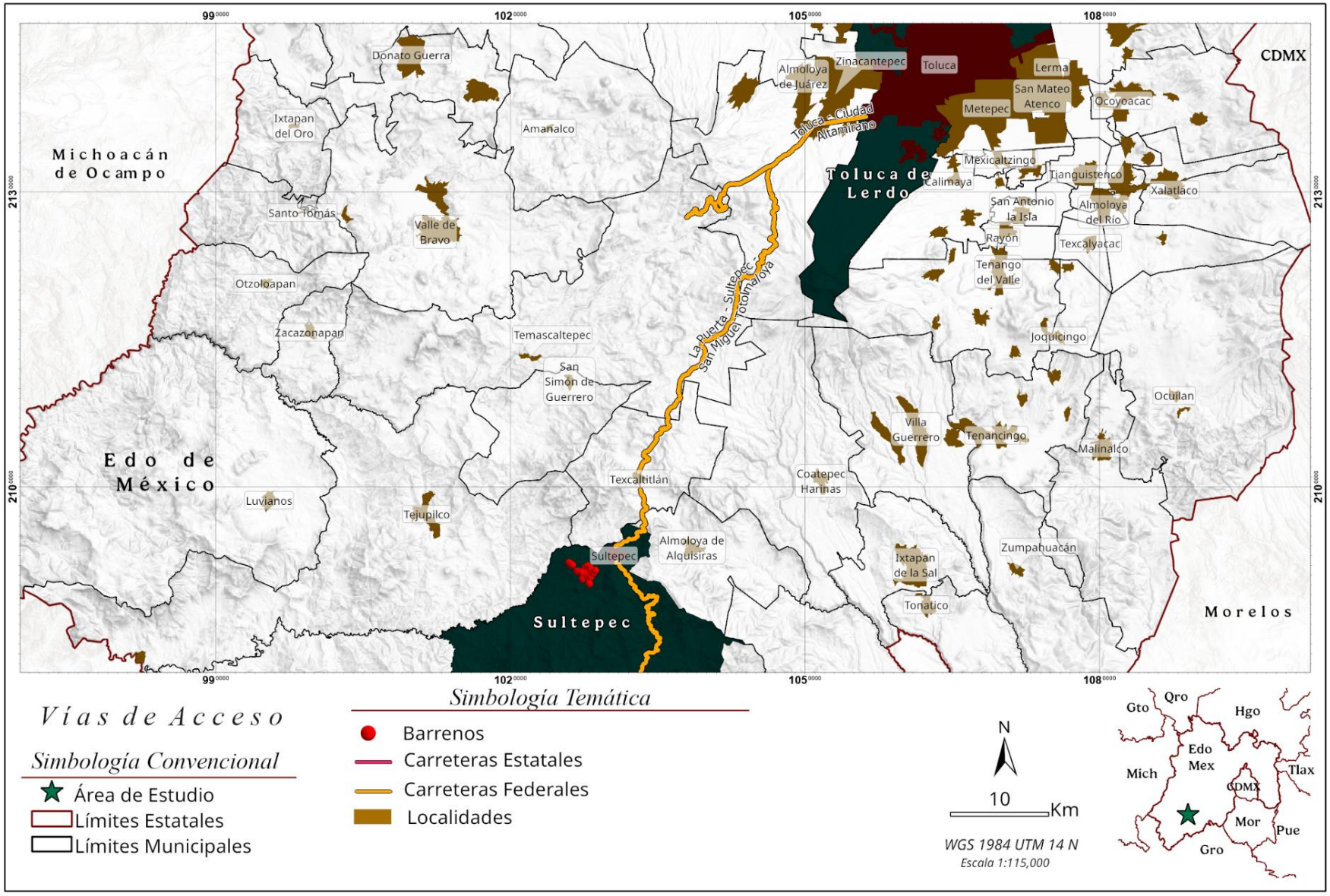
Manifestación de Impacto Ambiental La Unión



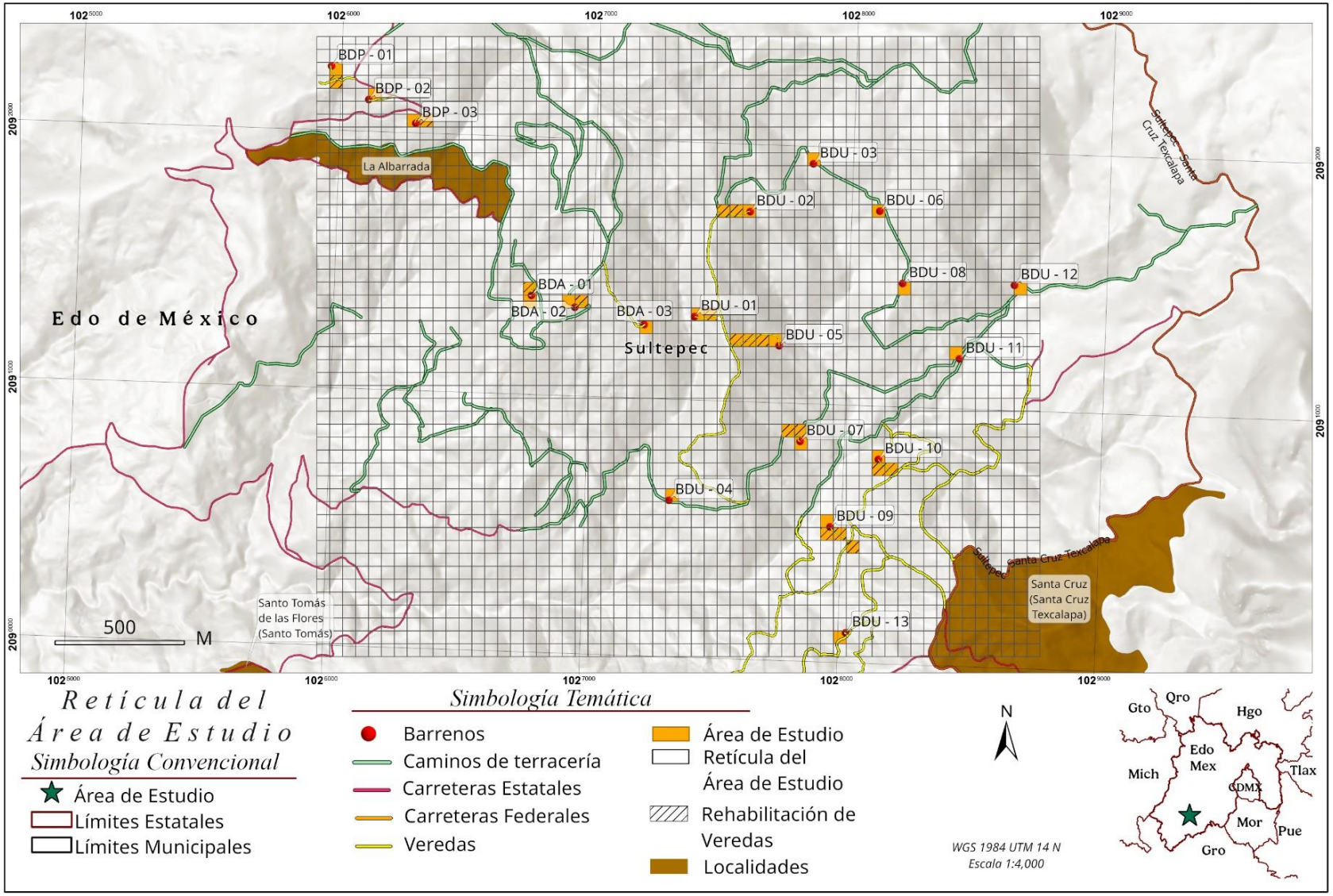
Manifestación de Impacto Ambiental La Unión



Manifestación de Impacto Ambiental La Unión



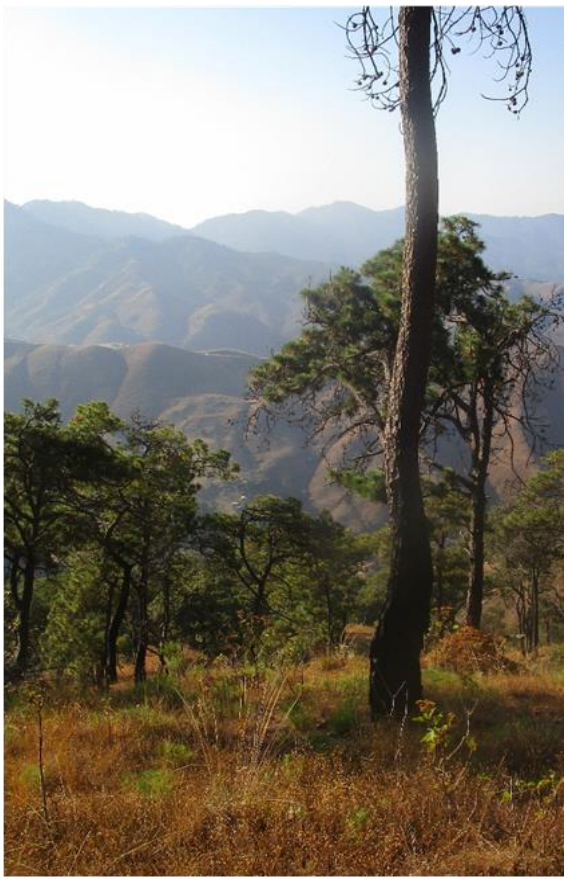
Manifestación de Impacto Ambiental La Unión



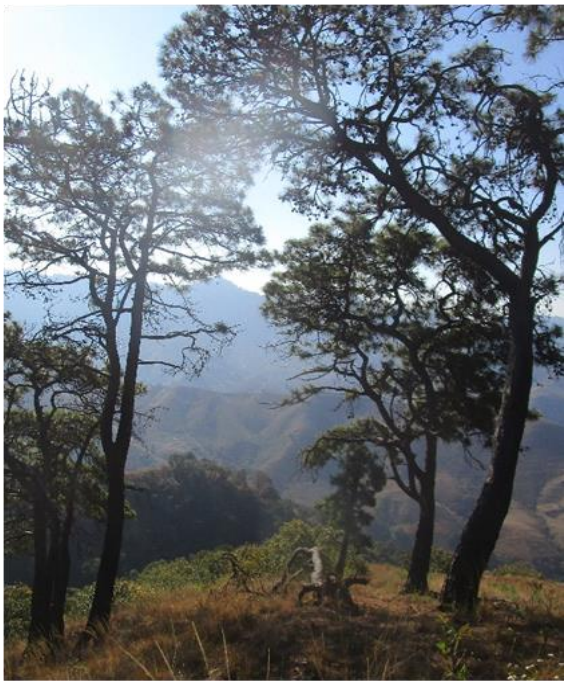
VIII.II Fotografías

Vistas Panorámicas











Recorridos









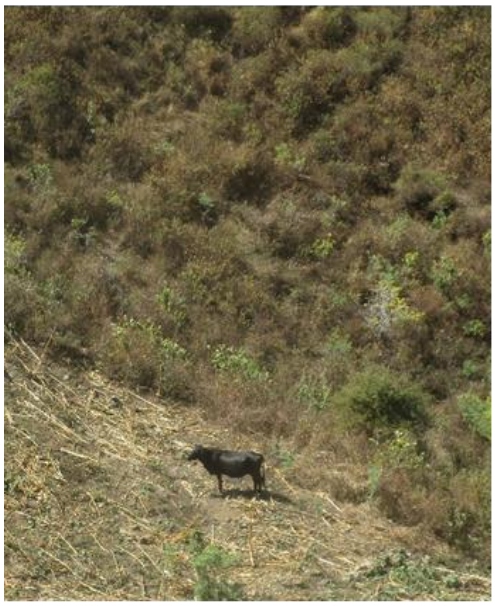
Geología







Ganadería







Infraestructura







Materiales y Métodos







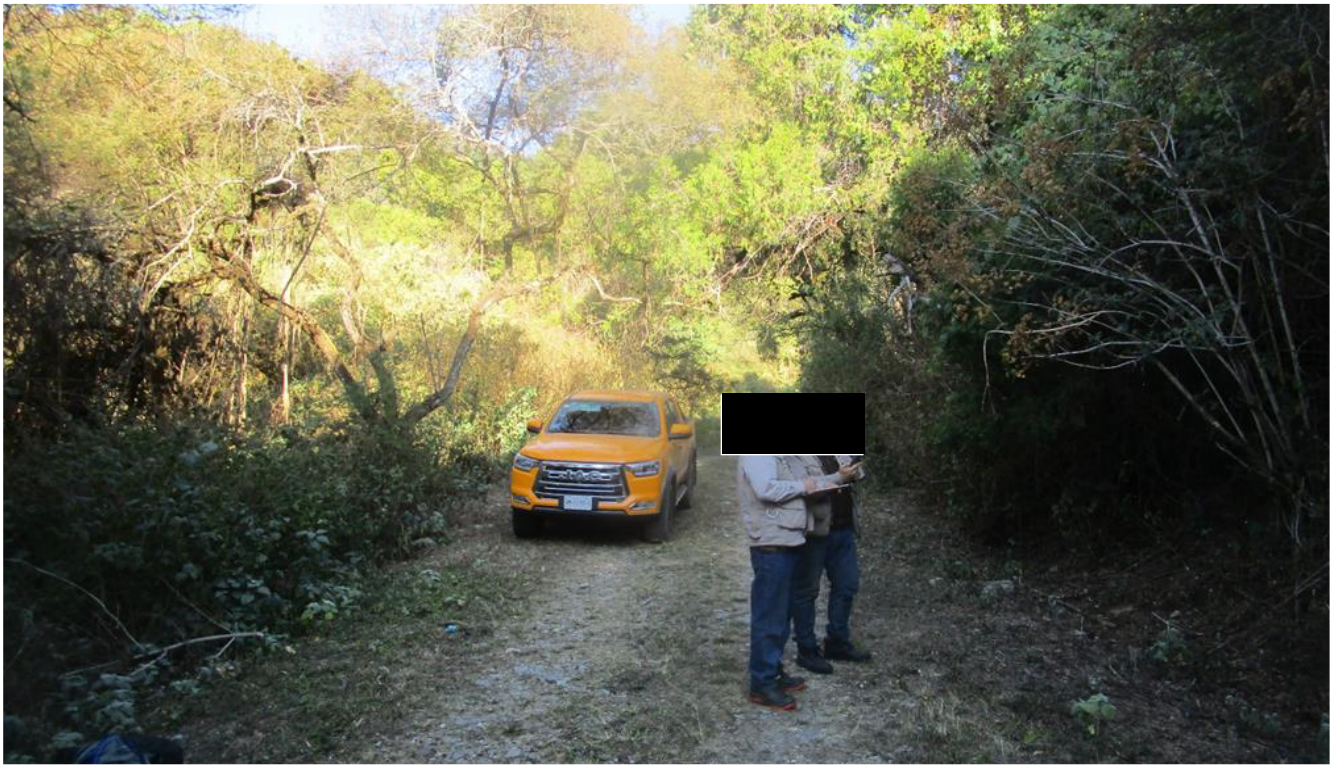








Equipo de trabajo







VIII.III Lista de flora y fauna

Tabla 49. Especies de vegetación con probable incidencia en el área de estudio.

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Arbóreas		
Annonaceae	*Annona reticulata* *	Anona amarilla	Sin estatus
Burseraceae	*Bursera ariensis* *	Papelillo	Sin estatus
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica* **	Cedro blanco	Sujeta a Protección Especial (Pr)
	Juniperus deppeana **	Sabino	Sin estatus
	Juniperus flaccida **	Enebro triste	Sin estatus
Fagaceae	*Castanea sativa* **	Castaño	Sin estatus
	Platymiscium lasiocarpum *	Granadilla	En Peligro de Extinción (P)
	Quercus crassifolia **	Encino colorado	Sin estatus
	Quercus laeta **	Roble blanco	Sin estatus
	*Quercus laurina**	Encino laurelillo	Sin estatus
	*Quercus magnoliifolia**	Encino amarillo	Sin estatus
	Quercus obtusata *	Encino blanco	Sin estatus
	Quercues polymorpha **	Encino roble	Sin estatus
	Quercus resinosa **	Roble	Sin estatus
	*Quercus rugosa**	Encino quiebra hacha	Sin estatus
Malvaceae	*Robinsonella* sp. *	Algodoncillo	Sin estatus
Meliaceae	*Cedrela odorata* **	Cedro rojo	Sujeto a Protección Especial (Pr)
Oleaceae	*Fraxinus uhdei* *	Fresno mexicano	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus leiophylla**	Ocote chino	Sin estatus
	*Pinus montezumae**	Ocote	Sin estatus
	*Pinus pringlei**	Pino cedrón	Sin estatus
	*Pinus pseudostrobus**	Pino blanco	Sin estatus
	*Pinus teocote**	Pino colorado	Sin estatus
Primulaceae	*Myrsine coriacea* *	Ratoncillo	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serótina* *	Capulín	Sin estatus
Sapindaceae	*Aesculus hippocastanum* **	Castaño de Indias	Sin estatus
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata* *	Tepozán blanco	Sin estatus
Thymelaeaceae	*Daphnopsis americana* *	Cuero de toro	Sin estatus
	Arbustivas		
Asteraceae	*Ageratina adenophora* *	Flor de espuma	Sin estatus
	Ageratina espinosarum *	Estrellita	Sin estatus
	Ageratina glabrata *	Chamisa	Sin estatus
	Ageratina havanensis *	Raíz de la serpiente de La Habana	Sin estatus
	Baccharis conferta **	Azoyate	Sin estatus
	Baccharis heterophylla *	Escoba chica	Sin estatus
	Montanoa tomentosa *	Zoapatle	Sin estatus
	Verbesina virginica *	Corona blanca	Sin estatus
Acanthaceae	*Ruellia simplex* *	Petunia mexicana	Sin estatus
Ericaceae	*Arbutus xalapensis* **	Madroño	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Fabaceae	*Cajanus cajan* **	Frijol de palo	Sin estatus
	Calliandra eriophylla **	Charrasquillo	Sin estatus
	Coursetia glandulosa *	Palo dulce	Sin estatus
	Desmanthus velutinus *	Flor de terciopelo	Sin estatus
	Eysenhardtia polystachya **	Palo azul	Sin estatus
	Leucaena leucocephala **	Barba de chivo	Sin estatus
	Senna obtusifolia *	Cafecillo	Sin estatus
	Vachellia farnesiana **	Huizache	Sin estatus
Melastomataceae	*Miconia xalapensis* **	Madroño	Sin estatus
Onagraceae	*Fuchsia encliandra* *	Aretillo	Sin estatus
Primulaceae	*Myrsine coriacea* *	Ratoncillo	Sin estatus
Rhamnaceae	*Endotropis serrata* *	Naranjillo	Sin estatus
Ranunculaceae	*Clematis dioica* *	Barba de chivo	Sin estatus
Sapindaceae	*Dodonaea viscosa* *	Chapulixtle	Sin estatus
	Sapindus saponaria *	Jaboncillo	Sin estatus
Solanaceae	*Solanum torvum* **	Amaclancle	Sin estatus
	Herbáceas		
Acanthaceae	*Hypoestes phyllostachya* ***	Hoja de sangre	Sin estatus
Apiaceae	*Eryngium alternatum* ***	Hierba del sapo	Sin estatus
	Eryngium carlinae *	Cabezona	Sin estatus
	Eryngium heterophyllum **	Hierba del sapo	Sin estatus
	Eryngium proteiflorum *	Rosa de las nieves	Sin estatus
Apocynaceae	*Asclepias glaucescens* **	Viborona	Sin estatus
	Asclepias curassavica ***	Algodoncillo tropical	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium* ***	Alcanfor	Sin estatus
	Ageratina adenopohora **	Flor de espuma	Sin estatus
	Ageratum conyzoides *	Santa Lucía	Sin estatus
	Ageratum corymbosum **	Cielitos	Sin estatus
	Aldama dentata *	Acahual	Sin estatus
	Aldama excelsa **	Raíz del manso	Sin estatus
	Alomia ageratoides *	Flor de garrapata	Sin estatus
	Artemisia dracunculus *	Estragón	Sin estatus
	Barkleyanthus salicifolius **	Azomiate	Sin estatus
	Brickellia cavanillesii *	Atanasia amarga	Sin estatus
	Centaurea melitensis ***	Tocalote	Sin estatus
	Chromolaena odorata ***	Albahaquilla	Sin estatus
	Conoclinium betonicifolium ***	Flor de niebla	Sin estatus
	Cosmos sulphureus *	Mirasol amarillo	Sin estatus
	Decachaeta ovatifolia *	Pi-xilla-qui	Sin estatus
	Dyssodia papposa ***	Flamenquilla	Sin estatus
	Erigeron karvinskianus *	Marimonia	Sin estatus
	Galeana pratensis *	Ojos de pollo	Sin estatus
	Melanthera nivea **	Totolquelite	Sin estatus
	Perymenium globosum *	Margarita silvestre	Sin estatus
	Porophyllum linaria *	Chepiche	Sin estatus
	Psacalium holwayanum *	Cacalia holwayana	Sin estatus
	Pseudognaphalium californicum ***	Hierba algodonosa de California	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Pseudognaphalium microcephalum ***	Gordolobo hojas de terciopelo	Sin estatus
	Pseudognaphalium obtusifolium ***	Gordolobo	Sin estatus
	Stevia tomentosa *	Stevia silvestre	Sin estatus
	Tagetes lucida *	Pericón	Sin estatus
	Tridax procumbens ***	Hierba del toro	Sin estatus
	Trixis californica **	Guillermito	Sin estatus
	Verbesina fastigiata *	Árnica de la costa	Sin estatus
Asparagaceae	*Agave salmiana* *	Maguey pulquero	Sin estatus
Chenopodiaceae	*Atriplex canescens* **	Cenizo	Sin estatus
Convolvulaceae	*Ipomoea carnea* ***	Aguinaldo morado	Sin estatus
	Ipomoea meyeri ***	Quiebra plato	Sin estatus
Dryopteridaceae	*Dryopteris maxonii* *	Helecho de Maxon	Sin estatus
Euphorbiaceae	*Acalypha arvensis* *	Borreguillo	Sin estatus
	Euphorbia cotinifolia ***	Trompillo sudamericano	Sin estatus
	Euphorbia graminea *	Golondrina	Sin estatus
Fabaceae	*Desmodium grahamii* *	Pegarropa	Sin estatus
	Desmodium paniculatum *	Trébol de hojas	Sin estatus
	Indigofera suffruticosa **	Añil	Sin estatus
	Mimosa púdica *	Dormilona	Sin estatus
Lamiaceae	*Agastache mexicana* ***	Toronjil morado	Sin estatus
	Agave americana **	Maguey blanco	Sin estatus
	Mentha arvensis **	Hierbabuena	Sin estatus
	Mesosphaerum suaveolens **	Canutillo	Sin estatus
	Salvia elegans **	Hierba del burro	Sin estatus
	Salvia guaranitica ***	Salvia azul	Sin estatus
	Salvia microphylla *	Mirto chico	Sin estatus
	Salvia misella *	Cadillo	Sin estatus
	Salvia polystachya *	Salvia compacta	Sin estatus
	Salvia rosmarinus **	Romero	Sin estatus
	Salvia splendens ***	Salvia	Sin estatus
Malpighiaceae	*Galphimia glauca* *	Árnica de raíz	Sin estatus
Malvaceae	*Anoda cristata* ***	Alache	Sin estatus
	Urena lobata ***	Cadillo de perro	Sin estatus
Passifloraceae	*Passiflora porphyretica* *	Pasionaria púrpura	Sin estatus
Plantaginaceae	*Plantago lanceolata* **	Siete venas	Sin estatus
Poaceae	*Aristida schiedeana* *	Tres barbas abierto	Sin estatus
	Bouteloua gracilis **	Navajita	Sin estatus
	Digitaria filiformis *	Pasto	Sin estatus
	Digitaria sanguinalis *	Pata de gallo	Sin estatus
	Lagurus ovatus **	Hierba cola de liebre	Sin estatus
	Lasiacis procerrima *	Carricillo	Sin estatus
	Lolium perenne **	Ballico perenne	Sin estatus
	Koeleria macrantha ***	Zacate de cresta	Sin estatus
	Muhlenbergia capillaris *	Zacate de lobero	Sin estatus
	Muhlenbergia lindheimeri ***	Pasto Muhly	Sin estatus
	Muhlenbergia quadridentata *	Zacate aparejo	Sin estatus
	Muhlenbergia purpusii *	Liendrilla	Sin estatus

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
	Muhlenbergia robusta **	Zacate de escobillas	Sin estatus
	Muhlenbergia stricta *	Zacatón fino	Sin estatus
	Oplismenus hirtellus *	Pasto sombra	Sin estatus
	Panicum coloratum **	Mijo perenne	Sin estatus
	Panicum miliaceum **	Mijo	Sin estatus
	Panicum oligosanthes ***	Zacate hoja ancha	Sin estatus
	Panicum virgatum ***	Zacate klein	Sin estatus
	Paspalum dilatatum *	Pasto bahía	Sin estatus
	Pereilema crinitum *	Hierba	Sin estatus
	Setaria pumila *	Milha-verde	Sin estatus
	Schizachyrium scoparium **	Popotillo azul	Sin estatus
	Sorghastrum nutans **	Zacate indio	Sin estatus
Polygonaceae	*Antigonon leptopus* **	San Miguelito	Sin estatus
	Eriogonum wrightii *	Flor de borrego	Sin estatus
	Persicaria lapathifolia *	Chililllo blanco	Sin estatus
Ranunculaceae	*Clematis ligusticifolia* **	Tía Juana	Sin estatus
	Thalictrum peltatum *	Siempre verde	Sin estatus
Scrophulariaceae	*Verbascum thapsus* ***	Gordolobo común	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia wrightii* **	Oreganillo	Sin estatus
	Lippia oirganoides ***	Orégano de monte	Sin estatus
	Cactáceas		
Cactaceae	*Astrophytum myriostigma* **	Bonete	Amenazada (A)
	Opuntia ficus-indica **	Nopal de castilla	Sin estatus
	Criptógamas		
Anemiaceae	*Anemia adiantifolia* *	Helecho rizado	Sin estatus
Dennstaedtiaceae	*Pteridium aquilinum* *	Helecho águila	Sin estatus
Pteridaceae	*Adiantum braunii* *	Helecho culantrillo	Sin estatus
	Adiantum concinnum *	Patitas negras	Sin estatus
	Cheilanthes sp. *	Helechos labiados	Sin estatus

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2021b) y la CONABIO (2026e).

*Especies de posible incidencia de acuerdo con la literatura consultada.

**Especies registradas fuera de las planillas de barrenación y aledañas al área de estudio.

***Especies registradas dentro de las planillas.

Tabla 50. La fauna con probable incidencia en el SA.

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
Anfibios	Bufonidae	*Incilius occidentalis*	Sapo de los pinos	-	-	LC
		Rhinella horribilis	Sapo gigante	-	-	LC
	Craugastoridae	*Craugastor occidentalis*	Rana ladradora costeña	-	-	LC
	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	-	-	LC

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
	Hylidae	*Sarcohyla hapsa*	Rana trepadora ribereña norteña	-	-	LC
	Plethodontidae	*Aquiloeurycea cephalica*	Tlaconete regordete	Amenazada (A)	-	LC
		Isthmura bellii	Tlaconete pinto	Amenazada (A)	-	LC
	Ranidae	*Lithobates spectabilis*	Rana manchada	-	-	LC
		Lithobates zweifeli	Rana leopardo	-	-	LC
Aves	Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	-	-	LC
	Anatidae	*Anas platyrhynchos*	Pato de collar	-	-	LC
		Cairina moschata	Pato real	En peligro de extinción (P)	-	LC
	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	-	-	LC
		Ardea ibis	Garza ganadera	-	-	LC
	Apodidae	*Streptoprocne semicollaris*	Vencejo nuca blanca	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
	Cardinalidae	*Passerina versicolor*	Colorín morado	-	-	LC
		Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	-	-	LC
		Piranga rubra	Piranga roja	-	-	LC
	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-	-	LC
		Coragyps atratus	Zopilote común	-	-	LC
	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita cola larga	-	-	LC
		Columbina passerina	Tortolito pico rojo	-	-	LC
	Cuculidae	*Geococcyx velox*	Correcaminos tropical	-	-	LC
	Falconidae	*Falco sparverius*	Halconcito colorado	-	-	LC
	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	-	-	LC
		Spinus pinus	Jilguerito pinero	-	-	LC
		Spinus psaltria	Jilguerito dominico	-	-	LC
	Furnariidae	*Lepidocolaptes leucogaster*	Trepatroncos mexicano	-	-	LC
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	-	-	LC
	Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria dorso rayado	-	-	LC
		Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	-	-	LC
	Mimidae	*Melanotis caerulescens*	Mulato azul	-	-	LC
		Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo	-	-	LC
	Odontophoridae	*Philortyx fasciatus*	Codorniz barrada	-	-	LC
	Passerellidae	*Aimophila rufescens*	Zacatonero canelo	-	-	LC
		Atlapetes pileatus	Rascador gorra canela	-	-	LC
		Melozone fusca	Rascador viejito	-	-	LC

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
		Peucaea ruficauda	Zacatonero corona rayada	-	-	LC
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico	-	-	LC
	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	-	-	LC
		Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	-	-	LC
		Melanerpes formicivorus	Carpintero bellotero	-	-	LC
	Polioptilidae	*Polioptila caerula*	Perlita azul gris	-	-	LC
	Ptiliogonatidae	*Ptiliogonys cinereus*	Capulinero gris	-	-	LC
	Strigidae	*Strix virgata*	Búho café	-	-	LC
	Thraupidae	*Diglossa baritula*	Picochueco vientre canela	-	-	LC
		Sporophila morelleti	Semillero de collar	-	-	LC
		Volatinia jacarina	Semillero brincador	-	-	LC
	Trochilidae	*Eugenes fulgens*	Colibrí magnífico	-	Apéndice II	LC
		Saucerottia beryllina	Colibrí berilo	-	Apéndice II	LC
	Troglodytidae	*Catherpes mexicanus*	Saltapared barranqueño	-	-	LC
		Pheugopedius felix	Chivirín feliz	-	-	LC
	Turdidae	*Catharus aurantiirostris*	Zorzal pico naranja	-	-	LC
		Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
		Sialia mexicana	Azulejo garganta azul	-	-	LC
		Turdus migratorius	Mirlo primavera	-	-	LC
	Tyrannidae	*Contopus pertinax*	Papamoscas José María	-	-	LC
		Empidonax difficilis occidentalis	Mosquero barranqueño	-	-	LC
		Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	-	-	LC
		Sayornis nigricans	Papamoscas negro	-	-	LC
		Tyrannus vociferans	Tirano chibiú	-	-	LC
	Vireonidae	*Vireo hypochryseus*	Vireo amarillo	-	-	LC
Mamíferos	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	-	-	LC
	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	-	-	LC
	Cricetidae	*Baiomys musculus*	Ratón pigmeo sureño	-	-	LC
	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo de nueve bandas	-	-	LC
	Didelphidae	*Didelphis virginiana californica*	Tlacuache norteño	-	-	-

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
	Heteromyidae	*Heteromys irroratus torridus*	Ratón espinoso mexicano	-	-	-
	Mustelidae	*Taxidea taxus*	Tlalcoyote	Amenazada (A)	-	LC
	Phyllostomidae	*Anoura peruana*	Murciélago	-	-	LC
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle norteño	-	-	LC
		Procyon lotor	Mapache	-	-	LC
	Sciuridae	*Notocitellus adocetus*	Cuinique	-	-	LC
Reptiles	Anguidae	*Abronia deppii*	Dragoncito del Eje Neovolcánico	Amenazada (A)	-	EN
		Barisia imbricata	Lagarto alicante de las montañas	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
		Barisia rudicollis	Lagarto alicante cuello rugoso	En peligro de extinción (P)	-	EN
	Anolidae	*Anolis nebulosus*	Abaniquillo pañuelo del Pacífico	-	-	LC
	Colubridae	*Conopsis lineata*	Culebra terrestre del centro	-	-	LC
		Drymarchon corais	Culebra índigo	-	-	LC
		Drymarchon melanurus	Culebra arroyera de cola negra	-	-	LC
		Lampropeltis polizona	Falsa coralillo real occidental	Amenazada (A)	-	LC
		Oxybelis microphthalmus	Bejuquilla café	-	-	-
		Tantilla bocourti	Culebrita cabeza negra	-	-	LC
		Tantilla deppei	Culebra ciempiés de Deppe	Amenazada (A)	-	LC
		Trimorphodon tau	Falsa nauyaca mexicana	-	-	LC
	Dipsadidae	*Leptodeira splendida*	Escombrera ojo de gato	-	-	LC
	Elapidae	*Micrurus proximans*	Coralillo nayarita	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC
	Natricidae	*Streria storerioides*	Culebra parda mexicana	-	-	LC
		Thamnophis cyrtopsis	Culebra lineada de bosque	Amenazada (A)	-	LC
		Thamnophis scalaris	Culebra listonada de montaña cola larga	Amenazada (A)	-	LC
	Phrynosomatidae	*Sceloporus grammicus*	Lagartija escamosa del mezquite	Sujeta a Protección Especial (Pr)	-	LC

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059-SEMARTAT-2010	CITES	Lista roja UICN
		Sceloporus horridus	Lagartija espinosa del Pacífico	-	-	LC
		Sceloporus melanorhinus	Lagartija espinosa de hocico negro	-	-	LC
		Urosaurus bicarinatus	Lagartija de árbol del Pacífico	-	-	LC
	Scincidae	*Marisora aquilonaria*	Eslizón occidental	-	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos de la INEGI (2021b) y la CONABIO (2026e).

Nota: En el Apéndice II se agrupan a las especies que no están amenazadas, pero que podrían llegar a estarlo, a menos de que se prohíba su comercio, o bien, el comercio esté autorizado por permisos específicos como los de exportación o certificados de re exportación. LC = Preocupación menor, no califica como amenazada, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

VIII.IV Otros Anexos

Anexo I. Ubicación del área de estudio

Anexo II. Presentación de la documentación legal

Anexo III. Coordenadas de los vértices del área del proyecto

Anexo IV. Plano general de las obras proyectas

Anexo V. Fichas técnicas de las especies de flora observadas

Anexo VI. Ficha de muestreo de vegetación

Anexo VII Memoria de cálculo del muestreo de vegetación

Anexo VIII. Ficha de muestreo de fauna

Anexo IX Fichas técnicas de las especies de fauna observadas

Anexo X Propagación vegetativa en planillas de barrenación

Anexo XI Memoria fotográfica

VIII.V Glosario de términos

Abiótico: Término vinculado con la biología, que hace referencia a aquel medio en el que no es posible la vida. La palabra abiótico, nombra lo opuesto a lo biótico y permite referirse a lo que no forma parte o no es producto de los seres vivos.

Afectación: Cualquier área o porcentaje de alteración donde se realizarán actividades de exploración, englobando las áreas por rehabilitar, de apertura o acondicionamiento, dicho término proviene de los numerales 4.1 al 4.3 de la NOM-120-SEMARNAT-2020.

Altitud: En geografía, altura de un punto de la Tierra con relación al nivel del mar.

Antropización: Es la transformación que ejerce el ser humano sobre el medio, ya sea biótico y/o abiótico.

Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Barrenación: Perforación cilíndrica de diámetro pequeño y considerable profundidad sobre roca o suelo mediante instrumentos especiales de perforación.

Boca del barreno: Entrada del orificio de un barreno.

Campamento: En minería, 1. Una colonia de mineros asentados temporalmente cerca de una mina o a un distrito minero. 2. Término impropiamente aplicado a cualquier pueblo minero. 3. Instalaciones donde pernocta el personal que labora en una mina.

Chapoleo: Se le denomina así a la acción de limpiar con el machete la tierra de malezas y hierbas de un terreno.

Componentes ambientales: Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.

Desequilibrio ecológico: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

Despalme: Es la extracción y el retiro de la capa superficial del terreno natural.

Ecosistema: Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la

competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes.

Equilibrio ecológico: Estado al que tiende todo ecosistema en condiciones naturales, y en el que la cantidad total de energía acumulada por los productores es igual a la energía consumida y disipada por el sistema.

Edafología: Ciencia que estudia la naturaleza y propiedades de los suelos con relación a la producción vegetal.

Efecto sinérgico: Se produce cuando la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias de un solo agente.

Erosión: El proceso físico consistente en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por la acción del viento, agua y procesos geológicos.

Estrato: Capa de roca caracterizada por sus propiedades litológicas particulares y los atributos que la distinguen de las capas adyacentes.

Geología: El estudio del planeta Tierra, los materiales de que está compuesta, los procesos que actúan sobre esos materiales, los productos formados y la historia del planeta y sus formas de vida desde el origen.

Geología económica: Estudia los procesos formadores de depósitos minerales, así como su evaluación y las técnicas para su búsqueda y explotación.

Geomorfología: Es la ciencia que trata con la configuración general de la superficie de la Tierra; específicamente, es el estudio de clasificación, descripción, naturaleza, origen y desarrollo de las formas actuales de la Tierra y su relación con las estructuras que subyacen, y de la historia de los cambios geológicos como han quedado registrados con estos rasgos superficiales. En los Estados Unidos, este término ha llegado a remplazar al término "Fisiografía" y es usualmente considerado como una rama de la geología; en Inglaterra, como una rama de la geografía. Incluye geodesia, y geología estructural y dinámica.

Hidrología subterránea: estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en las zonas saturada y no saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre.

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Importancia: Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente:

a) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.

b) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.

c) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.

d) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.

e) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

Magnitud: Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Núcleo: Consiste en una muestra de roca tomada del pozo a una profundidad específica, por medios especiales, preservando su estructura geológica y sus características fisicoquímicas de la mejor manera posible, con la finalidad de realizar análisis geológicos.

Obras exploratorias: Las obras y trabajos realizados en el terreno con el objeto de identificar depósitos minerales, al igual que de cuantificar y evaluar las reservas económicamente aprovechables que contengan.

Patio de maniobras: Área exterior ubicada en la entrada de un pozo (o) mina en la que se instala la maquinaria y equipo necesario para la ejecución de la obra.

Planilla de barrenación: Superficie para la instalación de equipo y materiales accesorios, en donde se llevarán a cabo actividades de exploración por cualquier método de barrenación.

Post-operación: Puesta fuera de servicio en condiciones seguras una vez terminada su vida útil.

Rehabilitación: Acciones destinadas a devolver a los terrenos degradados la posibilidad de soportar uno o más usos del suelo, sin perjuicio del medio ambiente.

Residuos sólidos urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

Reversibilidad: Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

Talud: Término que se utiliza para designar a la acumulación de fragmentos de roca partida en la base de paredes de roca, acantilados de montañas, o cuencas de valles. Estos depósitos típicamente poseen una forma cóncava hacia arriba, mientras que la máxima inclinación de tales depósitos corresponde al ángulo de reposo correspondiente al tamaño promedio de las rocas que lo componen.

Yacimiento: Es una acumulación natural de una sustancia mineral o fósil, cuya concentración excede el contenido normal de una sustancia en la corteza terrestre (que se encuentra en el subsuelo o en la superficie terrestre) y cuyo volumen es tal que resulta interesante desde el punto de vista económico, utilizable como materia prima o como fuente de energía. 2. Es una concentración de elementos minerales, cuyo grado de concentración o ley mineral hace que sea económicamente rentable su explotación. 3. Lugar donde se encuentra una sustancia o unos objetos determinados, por ejemplo, yacimiento de minerales, yacimiento de petróleo, yacimiento de fósiles.

BIBLIOGRAFÍA

Aranda García, M., Hernámdez Romano, U., Ortega González, V., Miranda Canseco, E., & Mora Oropeza, G. (2010). *Provincias Geológicas de México*.

Bautista. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México*.

Campa, M. F., & Coney, P. J. (1983). Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, *20*(6), 1040–1051. https://doi.org/10.1139/e83-094

CartoMinMex. (2025). *Información vectorial de la cartografía geológica nacional. Concesiones mineras*. Sistema de Administración Minera. Departamento de Cartografía Minera. Dirección General de Minas.

CENAPRED. (2026). *Atlas Nacional de Riesgos* (Centro Nacional de Prevención de Desastres, Ed.). Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

CITES. (2026). *Appendices I, II and III* (CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA, Ed.). https://cites.org/eng/app/appendices.php

CONABIO. (1998). *Carta climática. Escala 1:1,000,000, México.* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.).

CONABIO. (2015). *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. Escala: 1:250000.* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/aicas15gw.html

CONABIO. (2017). *Regiones Terrestres Prioritarias: RTP-24 Río Humaya* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_024.pdf

CONABIO. (2026a). *Acacia farnesiana. Enciclovida.* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). https://enciclovida.mx/especies/198782-vachellia-farnesiana

CONABIO. (2026b). *Ageratina adenophora. Enciclovida.* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). https://enciclovida.mx/especies/179063-ageratina-adenophora

CONABIO. (2026c). *Asclepias glaucescens. Enciclovida.* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). https://enciclovida.mx/especies/163025

CONABIO. (2026d). *Eryngium heterophyllum. Enciclovida.* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). https://enciclovida.mx/especies/162826-eryngium-heterophyllum

CONABIO. (2026e). *Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ed.). http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

CONAGUA. (2023). *Actualización de la disponibilidad media anual de aguas superficiales de la región hidrológica 18 Balsas* (Comisión Nacional del Agua, Ed.).

https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Descargas/DisponibilidadCuencas/RH%2018%20Balsas.pdf

CONAGUA. (2024). *Actualización de la disponibilidad media de agua en el acuífero Altamirano-Cutzamala (1208), estado de Guerrero.* https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/guerrero/DR_1208.pdf

CONAGUA. (2026). *Situación de los recursos hídricos* (Comisión Nacional del Agua, Ed.). Sistema Nacional de Información del Agua 3.0. https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/

CONAGUA-SMN. (2026a). *Información Estadística Climatológica* (Comisión Nacional del Agua, Ed.). Servicio Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/es/

CONAGUA-SMN. (2026b). *Monitor de Sequía de México* (Comisión Nacional del Agua, Ed.). Servicio Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

Ferrari, L. (2000). Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica ·Transmexicana durante la última década. *BOLETIN DE LA SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA*, *LIII*, 84–92. https://doi.org/10.18268/bsgm2000v53n1a5

FMCN, C. U. & USFS. (2018). *Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas*. www.gob.mx/conaforwww.usfs.gov

Franco, J. D. la C. C. R. N. F. A. B. (1989). *Manual de Ecología* (pp. 22–30).

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* . Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía.

Gentry, A. H. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp. 146–194). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511753398.007

Gompper, K. R. L. B. & Cryan. (2006). *A Comparison of Noninvasive Techniques to Survey Carnivore Communities in Northeastern North America. Wildlife Society Bulletin* (p. 34). https://www.originalwisdom.com/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2019/03/Gompper-et-al_2006_Comparison_survey_techniques_carnivores_NE_NA.pdf

González Bernáldez Fernando. (1981). *Ecología y Paisaje*. 256.

González-Orozco, C., López-Blanco, J., & Pérez-Vega, A. (2020). Análisis espacial de microcuencas para la gestión ambiental en zonas rurales. . *Revista Mexicana de Ciencias Ambientales*, *11*, 55–72. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rmca.2020.02.005

INEGI. (1990). *Censo de Población y Vivienda 1990* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1990/

INEGI. (1995). *Censo de Población y Vivienda 1995* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1995/

INEGI. (2000). *Censo de Población y Vivienda 2000* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/

INEGI. (2001a). *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos Conjunto Nacional serie 1 Sistemas topoformas* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267582

INEGI. (2001b). *Diccionario de datos fisiográficos (vectorial) escala 1:1,000,000,* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.).

INEGI. (2001c). *Síntesis de Información Geográfica del Estado de México* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.).

INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/

INEGI. (2014a). *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica E14A57 Ixtapan de la Sal escala 1:50 000 serie III*.

INEGI. (2014b). *Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250,000: serie III.* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.).

INEGI. (2019). *Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica E14A56 Tejupilco de Hidalgo escala 1:50 000.* https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463830696

INEGI. (2021a). *Censo de Población y Vivienda 2020* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#resultados_generales

INEGI. (2021b). Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250 000, Serie VII (Capa Unión). Aguascalientes, México. In Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Ed.), *INEGI*. http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s7gw.html

INEGI. (2021c). *Diccionario de datos de climas.* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.).

INEGI. (2021d). *Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/#descargas

INEGI. (2024a). *Conjunto nacional de información edafológica, escala 1:250,000 serie III.* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551118313

INEGI. (2024b). *Marco Geoestadístico Nacional 2024.* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551132173

INEGI. (2025a). *Marco Geoestadístico Nacional 2025.* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551163061

INEGI. (2025b). *Modelo digital de elevación con 15 m de resolución escala 1:50,000* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0. https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/index.jsp

INEGI. (2026). *Simulador de flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL), Subcuencas 1:50,000.* (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ed.). https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#

INPI. (2026). *Catálogo nacional de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas* (Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, Ed.). https://catalogo.inpi.gob.mx/cedulas/

IUCN. (2026). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN* (The IUCN Red List of Threatened Species, Ed.). https://www.iucnredlist.org/es

IUSS Working Group WRB. (2015). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106.* (IUSS Working Group WRB, Ed.). FAO. http://www.fao.org

Krebs, C. J. (2000). *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia* (2a ed). Oxford University Press.

Madrigal Uribe, D., Franco Plata, R., Espinosa Rodríguez, L. M., González Trápaga, M. A., & Reyes Enríquez, A. (2010). Caracterización de las regiones tectónicas del Estado del México a través de la aplicación de geotecnologías. *Revista Geográfica de América Central*, 15–36. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744661001

Magurran. (1988). *Ecological diversity and its measurement.* (pp. 1–179).

Margalef. (1972). *Growth by intussusception : ecological essays in honor of G. Evelyn Hutchinson*. Connecticut Academy of Arts and Sciences.

Mostacedo & Fredericksen. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. In *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).*

NOAA. (2026). *Historical Hurricanes Trachs* (National Oceanic and Atmospheric Administration, Ed.). https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80

Orellana. (2009). *Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de sacta. Tesis para obtener el título de técnico superior forestal.* (pp. 1–49).

Ortega Gutiérrez, F. M., Roldan Quintana, J., Aranda Gómez, J. J., Morán Zenteno, D. J., Alaniz Álvarez, S. A., & Nieto Samaniego, A. F. (1992). Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana escala 1:2,000,000: México. In *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Secretaría de Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales*.

Pastakia. (1998). *The rapid impact assessment matrix (RIAM)—a new tool for environmental impact assessment*. Environmental Impact Assessment Using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM), Olsen & Olsen.

PDMT. (2025). *Plan de Desarrollo Municipal 2025-2027 Tejupilco* (Ayuntamiento Constitucional de Tejupilco, Ed.). file:///D:/MIA%20EDOMEX%20EL%20PILATEL/PDM_2025-2027_TEJUPILCO.pdf

PDMTEMAS. (2025). *Plan de Desarrollo Municipal Temascaltepec 2025-2027* (Ayuntamiento municipal Constitucional Administración 2025-2027, Ed.).

PEDEM 2023-2029. (2023). *Plan de Desarrollo del Estado de México* (Gobierno del Estado de México, Ed.; p. 360).

POETEM. (2023). *Actualización del Programa de ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México*. 1235. https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/POETEM%202023.pdf

Priego et al., Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, U. I. de G., Instituto de Ecología, A. C. C. para el D. R. y O. A., S.A. de C.V, U. A. de C. J., & CONABIO. (2008). Paisajes Físico-Geográficos de México. *Centro de Investigaciones En Geografía Ambiental, UNAM, Instituto de Geografía, UNAM*.

Rodríguez-Mazzini. (1996). *Uso de la técnica de estaciones olfativas (scent-station technique) en estudios de ecología de mamíferos.* 11. https://www.probides.org.uy/imagenes/ckfinder/files/files/Documentos%20de%20Trabajo/DT08.pdf#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20estaciones%20olfativas%20u%20olorosas,a%20las%20estaciones%20de%20registro%20de%20huellas.

Roswell, D. W. (2021). *Una guía conceptual para la medición de la diversidad de especies* (pp. 321–338).

Rzedowski. (2006). *Vegetación de México. 1ra Edición Digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.* https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf

Secretaría del Bienestar. (2023). *Catálogo de localidades indígenas*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/788648/Cat_logo_de_Localidades_Ind_genas_2023.pdf

SEMARNAT. (2000). 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*.

SEMARNAT. (2002). *Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental Minero Modalidad: particular* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.).

SEMARNAT. (2012). *Programa de Ordenamiento General del Territorio (POEGT)* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.; p. 386). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

SEMARNAT. (2020). *Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos. Normas Oficiales en materia de impacto ambiental. Dirección General de Energía y Actividades extractivas. DOF, 11 de noviembre 2020.* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0

SEMARNAT. (2021). *Acciones y Programas, Leyes y Normas.* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.). https://www.gob.mx/semarnat

SEMARNAT. (2022). *Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental,*.

SEMARNAT. (2025). *Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre [Base de datos]* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.). https://datos.gob.mx/dataset/unidades_manejo_conservacion_vida_silvestre

SGM. (1996). *Carta Geológico-Minera Tejupilco de Hidalgo E13-A56*. Servicio Geológico Mexicano.

SGM. (2013). *Carta Geológica-Minera Ixtapa de la Sal E14-A57*. Servicio Geológico Mexicano.

SGM. (2025, July 24). *Servicio Geológico Mexicano- GeoInformex* . Geoinfomex. https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx

Smith & Smith. (2007). *Ecología* (S. A. PEARSON EDUCACIÓN, Ed.; ED. 6ta).

UNAM. (2026). *Catálogo de sismos.* (I. d. G. , S. S. N. Universidad Nacional Autónoma de México, Ed.). Servicio Sismológico Nacional. http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

Valencia Vargas, J. C. (2015). Desarrollo de la región hidrológica del Balsas mediante la modificación de su veda. *Tecnología Ciencia y Agua*, *6*(1), 81–97. https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n1/v6n1a5.pdf

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

